

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación
Departamento de Métodos de Investigación y
Diagnóstico en Educación



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE



5314054429

(2107 1457)

**DESARROLLO CONCEPTUAL DEL
SISTEMA NERVIOSO EN NIÑOS DE
5 A 14 AÑOS. MODELOS MENTALES**



ARCHIVO

Teresa Serrano Gisbert

Madrid, 1993

Colección Tesis Doctorales. N.º 79/93

616492593

© Teresa Serrano Gisbert

Edita e imprime la Editorial de la Universidad
Complutense de Madrid. Servicio de Reprografía.
Escuela de Estomatología. Ciudad Universitaria.
Madrid, 1993.
Ricoh 3700
Depósito Legal: M-6013-1993



La Tesis Doctoral de D. TERESA SERRANO GISBERT

.....
Titulada "DESARROLLO CONCEPTUAL DEL SISTEMA NERVIOSO EN
NIÑOS DE 5 A 14 AÑOS: MODELOS MENTALES

Director Dr. D. ... ARTURO DE LA ORDEN HOZ

fue leída en la Facultad de EDUCACION

de la UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID, el día 13

de Julio de 19 92, ante el tribunal

constituido por los siguientes Profesores:

PRESIDENTE Dr. D. JOAQUIN FERNANDEZ PEREZ

VOCAL Dr. D. ANTONIO MEDINA RIVILLA

VOCAL Dr. D. JON OGBORN

VOCAL Dra. D^a ELOISA LOPEZ FRANCO

SECRETARIO DRa. D^a PILAR GARCIBAILADOR MARTINEZ

.....
habiendo recibido la calificación de *APTO*

CUM LAUDE (por unanimidad.)

Madrid, a 13 de Julio de 1994

EL SECRETARIO DEL TRIBUNAL.

FACULTAD DE EDUCACION
Departamento de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación

**DESARROLLO CONCEPTUAL DEL SISTEMA NERVIOSO
EN NIÑOS DE 5 A 14 AÑOS. MODELOS MENTALES.**

Tesis Doctoral presentada por:
Teresa Serrano Gisbert

Director:
Dr. D. Arturo de la Orden Hoz

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE
MADRID, 1992

AGRADECIMIENTOS

Al profesor Arturo de la Orden le debo el ánimo constante durante los años de realización de este trabajo, y su confianza en mis ideas e intuiciones para llevar adelante un análisis cualitativo, bajo su aguda supervisión de cuantitativo reconocido.

Al profesor Jon Ogborn, del Instituto de Educación de Londres, tengo que agradecerle, además de sus enseñanzas sobre la utilización de las redes sistémicas, las valiosas aportaciones y sugerencias sobre mi trabajo, proporcionadas en los múltiples encuentros mantenidos en el Instituto.

De Joan Bliss, co-autora de las redes sistémicas, y excelente entrevistadora, aprendí a manejarme con la entrevista. Quiero también dejar constancia de la cálida acogida que, tanto Jon Ogborn como Joan Bliss, me han proporcionado durante mis visitas a Inglaterra.

A Rufina Gutiérrez, compañera del Dpto. de Didáctica de las Ciencias del IEPS, le debo el haberme interesado e introducido en los modelos mentales; pero, sobre todo, le agradezco las estimulantes horas de discusión sobre muchos aspectos de esta investigación, y su apoyo incondicional en los años de convivencia con mi tesis.

M^{rs} Angeles, Carmen, Soledad, Visi, Pilar y Encarnita, son profesoras de EGB que me facilitaron incondicionalmente el poder trabajar con sus alumnos; sin su ayuda la recogida de datos hubiera sido muy costosa.

A todos los alumnos y las alumnas que he entrevistado, mi agradecimiento por su colaboración; me hicieron pasar ratos muy agradables, además de proporcionarme datos estimulantes para el trabajo.

Por último, quiero dejar constancia del agradecimiento que debo a otras muchas personas: a mis compañeros de trabajo del IEPS, que me animaron y me facilitaron tiempo extra de dedicación a la tesis; a los amigos más cercanos, que sufrieron mis "horas bajas" con paciencia; y a otros muchos que, de modos diversos, han contribuido a la realización de esta investigación.

INDICE GENERAL

INTRODUCCION: EL PLANTEAMIENTO INICIAL DEL PROBLEMA Y SU EVOLUCION	1
PARTE I: MARCO TEORICO	9
1. COMO APRENDEN CIENCIAS LOS ALUMNOS ASPECTOS COGNITIVOS Y EPISTEMOLOGICOS	11
1.1.- Presupuestos constructivistas del aprendizaje y la ciencia	13
1.1.1.- Conocimiento y aprendizaje	13
1.1.2.- La naturaleza de la ciencia desde la epistemología constructivista	14
1.1.3.- Repercusiones en la didáctica de las ciencias	16
1.2.- El conocimiento de los alumnos: conocimiento científico y cotidiano	17
1.2.1.- Naturaleza y origen de los conocimientos de los alumnos	19
1.2.2.- Conocimiento cotidiano y conocimiento científico	33
2. APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL	41
2.1.- Perspectivas sobre el cambio conceptual	41
2.1.1.- Modelos más difundidos	44
2.1.2.- Límites de los modelos	47
2.1.3.- Mecanismos de reestructuración de los conocimientos	49
2.2.- Implicaciones para la enseñanza	51
2.2.1.- Modelos de instrucción	51
2.2.2.- Desarrollo curricular	54
2.2.3.- El profesor de ciencias	58
3. LA CONSTRUCCION DEL CONOCIMIENTO BIOLOGICO	57
3.1.- Descripción del conocimiento biológico	58
3.2.- Desarrollo evolutivo de conceptos biológicos	60
3.2.1.- Evolución de aspectos conceptuales específicos	60
3.2.2.- La evolución del conocimiento biológico	62
PARTE II: EL TEMA A INVESTIGAR	69
4. OBJETIVOS DEL TRABAJO	71
4.1.- ¿Qué interesa investigar?	71
4.2.- Objetivos a cubrir	73
4.3.- Estructura de la investigación	75

5. REVISION BIBLIOGRAFICA: ESTUDIOS SOBRE LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS RELATIVAS AL CUERPO HUMANO.....	77
5.1- Las ideas de los alumnos sobre el cuerpo humano.....	77
5.2- Desarrollo de los estudios sobre las ideas de los alumnos y el cuerpo humano.....	77
5.2.1- Evolución de las investigaciones y tendencias.....	78
5.2.2- Características metodológicas.....	83
5.3- El pensamiento de los alumnos sobre el cuerpo humano.....	87
5.3.1- Trabajos descriptivos de las ideas de los alumnos.....	87
5.3.2- Estudios interpretativos.....	104
5.3.3- Trabajos orientados a la práctica escolar.....	111
6. DISEÑO Y METODOLOGIA DE TRABAJO.....	115
6.1- Enfoques metodológicos. Un poco de historia.....	115
6.2- Tipos de datos requeridos.....	117
6.3- Instrumentos de recogida de datos.....	119
6.3.1- Problemas de instrumentación.....	119
6.3.2- Estrategias para la recogida de datos.....	122
6.4- Muestra seleccionada.....	127
6.4 - Método de análisis.....	131
6.4.1- Análisis con redes sistémicas.....	132
6.4.2- De las entrevistas a las redes.....	136
6.5 - Límites de esta investigación.....	147
<u>PARTE III: LAS PRIMERAS REPRESENTACIONES DEL SN Y EL CUERPO HUMANO EN LOS NIÑOS</u>.....	149
7. ASPECTOS METODOLOGICOS.....	153
7.1- Objetivos del trabajo.....	153
7.2- Recogida de datos.....	155
7.3- Análisis de los datos.....	158
7.3.1- Desarrollo de las redes de contenido.....	159
7.3.2- Búsqueda de modelos mentales sobre el SN.....	167
8. LAS IDEAS DE LOS PREESCOLARES.....	169
8.1- El contenido del cuerpo humano.....	169
8.2- Características de los órganos internos.....	172
8.2.1- Ideas sobre el circulatorio.....	172
8.2.2- Ideas sobre los huesos.....	176
8.2.3- Ideas sobre el digestivo.....	178
8.2.4- Ideas sobre el cerebro y los nervios.....	181
8.3- La actividad corporal.....	184
8.3.1- Actividad sensorial.....	185
8.3.2- El Movimiento.....	187
8.3.3- Sentimientos.....	188
8.3.4- Pensar.....	188
8.4- ¿Tienen los preescolares modelos mentales sobre el SN?.....	190

12.3 - Síntesis y discusión: las ideas adquiridas antes de la instrucción.....	385
12.3.1- Diferenciación/integración de las ideas sobre el SN.....	385
12.3.2- Aproximación a los modelos mentales sobre el SN.....	389
12.3.3- Una estructura general para los sistemas corporales.....	392
12.3.4- Un mecanismo de razonamiento analógico.....	393

13. LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS SOBRE EL SN DESPUES DE LA INSTRUCCION..... 397

13.1- Ideas más frecuentes sobre el cerebro, los nervios y el SN.....	398
13.1.1- El cerebro, los nervios y el SN tras la instrucción.....	399
13.1.2- Actividades y funciones del SN tras la instrucción.....	412
13.1.3- Mecanismos de funcionamiento del SN tras la instrucción.....	415
13.2 - Modelos mentales del SN: cambios tras la instrucción.....	418
13.2.1- Modelos topológicos del SN.....	419
13.2.2- Modelos sobre el funcionamiento del SN.....	425
13.2.3- Modelos sobre el mecanismo de ejecución del SN.....	428
13.2.5- La consistencia de los modelos personales.....	437
13.3- La representación del SN y otros sistemas corporales internos.....	441
13.3.1- Los dibujos sobre el SN.....	441
13.3.2- Representación de otros sistemas corporales.....	444
13.4- Síntesis y discusión: las ideas sobre el SN tras la instrucción.....	448
13.4.1- Diferenciación/integración de los conocimientos.....	448
13.4.2- Variaciones en los modelos mentales.....	450
13.4.3- Influencia del pensamiento analógico.....	451
13.4.4- El SN en el contexto de otros sistemas corporales.....	454

14. LA INSTRUCCION: MODELO CONCEPTUAL DEL SN E INTENCIONALIDAD INSTRUCTIVA..... 457

14.1- El análisis de la instrucción.....	457
14.2- Recogida de datos.....	458
14.3- Modelo Conceptual de SN propuesto por la instrucción.....	459
14.3.1- Tipos y estructuras del contenido en los manuales de los alumnos.....	461
14.3.2- Otros elementos textuales que configuran el MC.....	467
14.3.3- ¿Cómo se introdujo el tema a los alumnos?.....	474
14.4- Intencionalidad instructiva.....	477
14.4.1- Contenidos principales del tema.....	477
14.4.2- Dificultades en el aprendizaje del MC.....	480
14.4.3- Observaciones sobre la intencionalidad didáctica y dificultades de aprendizaje de los alumnos.....	481
14.4.4- La demanda cognitiva de las actividades de aprendizaje propuestas.....	489
14.5- El MC de la instrucción y el aprendizaje de los alumnos.....	491

15. CONCLUSIONES PARCIALES..... 495

<u>PORTE V: SINTESIS Y CONCLUSIONES FINALES</u>	501
16.LA EVOLUCION CONCEPTUAL DEL SN. IMPLICACIONES DIDACTICAS	503
16.1- La descripción cualitativa del conocimiento	504
16.2- Cambios en los conocimientos sobre el SN	505
16.2.1- Evolución de conceptos específicos sobre el SN.....	506
16.2.2- Modelos mentales sobre el SN y su evolución.....	516
16.3 - Implicaciones didácticas.....	520
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	523
ANEXOS	I

INTRODUCCION

EL PLANTEAMIENTO INICIAL DEL PROBLEMA Y SU EVOLUCION

A mediados de la década de los 80 gran parte de las investigaciones sobre el aprendizaje de las ciencias se habían desligado de los marcos piagetianos y gagnetianos, predominantes hasta pocos años antes, para centrarse en un aspecto apenas tenido en cuenta con anterioridad: la importancia de los conocimientos previos. Este nuevo enfoque, auspiciado en gran medida por los trabajos del psicólogo norteamericano David Ausubel, pone de manifiesto que alumnas y alumnos llegan a la instrucción formal con un cúmulo de ideas intuitivas, algunas de las cuales están fuertemente arraigadas y no son fácilmente desplazables por la instrucción.

Muchos trabajos de investigación se orientaron a poner de manifiesto cuales eran esas ideas intuitivas de los estudiantes, en relación a conceptos y fenómenos científicos determinados, y a buscar estrategias de instrucción que las hicieran evolucionar hacia concepciones acordes con la ciencia.

El tema a investigar

Los temas relativos al cuerpo humano han merecido una especial relevancia en la enseñanza de las ciencias naturales, por motivos de desarrollo psico-afectivo de pre-adolescentes y adolescentes. Junto al interés de los estudiantes por este tema, se constataba su deficiente comprensión de los procesos corporales, aún después de la instrucción.

La experiencia docente con alumnos y profesores nos había llevado a constatar que el aprendizaje del Sistema Nervioso y su función en el cuerpo humano era un tema de especial dificultad para los alumnos y de poca popularidad entre los profesores. Sin embargo, este sistema es clave para la comprensión de los mecanismos de coordinación y control del cuerpo y su funcionamiento.

Por otro lado, el planteamiento didáctico de este tema en los textos escolares parecía poco atractivo y orientado a la simple memorización de una nomenclatura científica que no resultaba funcional para los alumnos. De hecho, en varias ocasiones habíamos comprobado la incapacidad de los alumnos para aplicar sus conocimientos sobre el Sistema Nervioso a la explicación de actos cotidianos como coger un objeto, o pasar las hojas de un libro.

Desde el punto de vista científico, el Sistema Nervioso y sobre todo el cerebro, encierran aún muchas incógnitas. Pero no son los últimos avances en neurobiología los que se pretende que conozcan los alumnos. El aprendizaje al que nos referimos es el "modelo escolar" de este sistema; lo que se viene denominando en los ámbitos didácticos *la ciencia escolar*, es decir, una simplificación a diferentes niveles de profundidad (según se trate de EGB o Bachillerato) del modelo de Sistema Nervioso humano: sus componentes y funciones y el mecanismo básico de su actividad.

El estudio del cuerpo humano en la EGB y en BUP se lleva a cabo, en general, según la distribución que aparece en la Tabla 1. Cómo puede apreciarse, el estudio del contenido del cuerpo y su funcionamiento no se inicia hasta 3º de EGB, y el Sistema Nervioso sólo aparece una vez en 7º/8º de EGB y de nuevo en 3º de BUP.

Tabla 1.- El estudio del cuerpo humano en la EGB y BUP

Curso Tema	EGB								BUP	
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	1º	3º
músculos			□					□		□
movimiento			□					□		□
sentidos			□					□		□
alimentos				□						
digestivo			□	□			□	□		□
digestión			□	□	□	□	□	□		□
respiratorio					□	□	□	□		□
respiración					□	□	□	□		□
circulatorio					□	□	□	□		□
circulación					□	□	□	□		□
excretor					□		□	□		□
reproductor					□		□	□		□
reproducción							□	□		□
nervioso							□	□		□
tejidos/células									□	

Los □ sobre las líneas significan que los temas se imparten en uno u otro curso indistintamente

En un primer momento, la finalidad propuesta para el trabajo fue: 1º) conocer las ideas sobre el Sistema Nervioso con que llegan los alumnos a la primera instrucción formal sobre el mismo; y 2º) seguir la evolución de los conocimientos sobre los componentes, estructura y mecanismos del Sistema Nervioso desde que lo estudian por primera vez, en 7º/8º de EGB, hasta después de la segunda instrucción formal sobre el mismo en 3º de BUP.

El contexto del problema

La elección del Sistema Nervioso y de la población mencionada tenía otra razón, además de las expuestas anteriormente, que puede justificarse del modo siguiente:

El Sistema Nervioso es un factor que podemos considerar de segundo nivel de explicación; esto es, se puede dar cuenta -en primera instancia- de la mayoría de los fenómenos corporales recurriendo a otros componentes del cuerpo diferentes del sistema nervioso. Por otro lado, los conocimientos relativos a este sistema no están tan presentes en la cultura cotidiana como los que se refieren a otros sistemas corporales, como el circulatorio, el digestivo, o los huesos, de los que se habla y divulga mucho más. Esto nos permitía el supuesto de que la mayor parte de la información sobre el sistema nervioso se recibe a través de la instrucción escolar.

Desde la perspectiva señalada cabía preguntarse si las dificultades de los alumnos para construir la concepción científico-escolar del Sistema Nervioso serían del mismo tipo que las descritas en la literatura, relativas a conceptos con un componente perceptivo o social mayor.

Con otras palabras, analizar la construcción de nociones con una menor carga perceptiva y social tenía como finalidad una cierta desmitificación de la búsqueda indiscriminada de "marcos alternativos", que comenzaba a emerger en torno al aprendizaje de la biología. Se trataba de poner de manifiesto qué dificultades existían en torno a la construcción de conceptos teóricos, que nos parecían más dependientes de la instrucción formal, y tipificar un poco más ese saco de "ideas previas de los alumnos".

En la literatura disponible no localizamos ninguna referencia relativa al aprendizaje/instrucción del Sistema Nervioso(*). Decidimos llevar a cabo una primera fase exploratoria para centrar el estudio. Resumimos brevemente este trabajo, cuyos resultados hicieron cambiar el enfoque general de la investigación.

Trabajo exploratorio

Se prepararon dos cuestionarios que tenían como objeto: 1) conocer las ideas de los alumnos sobre la intervención/no intervención del SN en el funcionamiento básico del cuerpo humano; y, 2) la atribución de este sistema a otros seres vivos. Este instrumento lo completaron: 37 alumnos de 7º y 8º de EGB, 16 de 2º de BUP y 9 de COU. Tras analizar los cuestionarios fueron seleccionados 5 alumnos de EGB, 4 de BUP y 3 de COU, a quienes se sometió a una entrevista.

Se constataron las tendencias siguientes:

- En todos los niveles, los conocimientos acerca del SN -incluso de su anatomía- parecían estar a una considerable distancia (por debajo) respecto a los de los otros sistemas corporales que venían descritos en la literatura.
- A los estudiantes de octavo les "sonaban" nombres como: neurona, corriente nerviosa, acto reflejo, y a los de BUP y COU: despolarización del axón, hipotálamo y otros más; pero estos conocimientos eran en general inconexos y no sabían dar cuenta de ellos, ni aplicarlos al explicar un acto motor o sensitivo.
- Los alumnos de octavo tenían ideas muy restrictivas, tanto sobre los componentes como en la concepción del rol del SN en el funcionamiento corporal (Serrano, 1988). Por ejemplo:
 - Parte de los alumnos concebía el Sistema Nervioso formado únicamente por alguno de sus componentes, el cerebro o los nervios. No parecían haber conceptualizado el conjunto encéfalo (o cerebro) y nervios como elementos de

(*) Desde ahora la referencia al Sistema Nervioso se designará por las siglas SN

este sistema, ni un mecanismo de funcionamiento en el que ambos fueran necesarios conjuntamente.

- Más del 70% de los alumnos estudiados asociaban el cerebro con actos mentales y motores mecanizados.
 - El caso de la relación del Sistema Nervioso con los sentidos, que como media lo señalaron un 56% de los alumnos, tenía características peculiares; mientras que la relación con la vista y el dolor era explicitada por la mayoría (80%), la relación con el olfato y el gusto no rebasa el 35% de respuestas positivas. Lo mismo sucedía con la categoría de los actos involuntarios.
 - La relación del Sistema Nervioso con los sentimientos aparecía en un 37%.
- En la muestra seleccionada había alumnos de séptimo de EGB que aún no habían estudiado el SN, sin embargo, daban cuenta de él casi del mismo modo en que lo hacían los que ya habían pasado por la instrucción, salvo en el uso de algunos términos. Estos resultados nos llevaron a pensar que el estudio de otros sistemas corporales, a lo largo de la EGB, podría haber influido en el modo en que los alumnos piensan sobre estas partes del cuerpo, aún sin haberlas estudiado formalmente. Por otro lado, comenzamos a cuestionarnos sobre cuáles podrían ser las primeras ideas relativas al SN que los alumnos desarrollan y cuándo aparecen

Se llevó a cabo una pequeña cala en 3º de EGB, por ser el curso en el que se comienza a estudiar el interior del cuerpo. Además, al consultar textos escolares de este nivel, vimos que en el tema de los sentidos se hacía relación al cerebro y los nervios. Esta incursión en 3º dió como resultado el constatar que los niños de 8 años poseían un interesante entramado de ideas sobre el cerebro y el funcionamiento corporal. Algunas de estas ideas tenían semejanzas con las encontradas en los alumnos de 7º y 8º de EGB.

Nuevo enfoque de la investigación

Parecía interesante seguir descendiendo en la edad de los niños para encontrar cuándo comenzaba a aparecer algún concepto del cerebro y los nervios y cuáles eran las primeras funciones que les atribuían. Tomamos como punto de partida el año anterior al inicio de la escolaridad obligatoria, esto es, los

preescolares de 5 años. La decisión de comenzar con esta edad se debía a las razones siguientes:

- la facilidad de encontrar grupos de niños de esta edad en centros de preescolar;
- y
- el que los niños no hubieran comenzado ningún tipo de instrucción formal, pero que fueran capaces de cierto dominio del trazo para poder dibujar.

La experiencia de la fase exploratoria nos hizo variar la finalidad del trabajo a realizar que reformulamos ahora como:

- 1^o) describir el desarrollo conceptual sobre el SN humano durante la escolaridad obligatoria (la decisión de reducir el estudio eliminando la etapa de bachillerato se debió a razones de tipo práctico, más que a ningún otro factor); y
- 2^o) analizar la influencia de la primera instrucción formal sobre el SN en este desarrollo.

Ahora bien, desde la perspectiva del aprendizaje biológico, parecía más coherente enmarcar esta génesis en la evolución de los conocimientos de los niños sobre el interior de su cuerpo, que centrarse en el desarrollo de las ideas sobre un sólo componente. Asumir este enfoque supuso concretar las premisas del trabajo del modo siguiente:

- Había que poner de manifiesto lo que denominamos "*estado básico o inicial*" de los conocimientos de los niños sobre el interior del cuerpo humano. Este estado básico podría definirse por el contenido de las ideas de los preescolares.
- Se tenía que hacer explícito cuándo y de qué modo aparecen las primeras ideas relativas al SN en el contexto de sus conocimientos corporales.
- Debería describirse una primera fase en la evolución de este "*estado básico*" de los conocimientos infantiles, antes de que mediara la instrucción formal sobre el interior del cuerpo. Se tomó como referencia 3^o de EGB (8 años) por ser cuando comienza dicha instrucción.
- La descripción de los cambios en las ideas relativas al SN era un punto importante a explicitar en la evolución citada.

- Se debía describir una segunda fase de evolución de las ideas de los alumnos sobre el SN, una vez que han estudiado los sistemas corporales y su funcionamiento (a excepción del SN). Esto nos daría el nivel de entrada a la instrucción formal sobre el tema .
- El contexto general de las ideas de los alumnos de 12/13 años sobre el funcionamiento y componentes del interior del cuerpo sería documentado en la literatura, sin ser objeto de nuestro estudio.
- Una vez transcurrida la instrucción formal sobre el SN se volverían a indagar los cambios producidos en las ideas de los estudiantes.

La página siguiente muestra, de modo esquemático, la estructura y contenido de este trabajo.

<u>PARTES I:</u>	<u>MARCO TEORICO</u>	1. Cómo aprenden ciencias los alumnos: aspectos cognitivos y epistemológicos 2. Aprendizaje y cambio conceptual 3. La construcción del conocimiento biológico
<u>PARTES II:</u>	<u>EL TEMA A INVESTIGAR</u>	4. Objetivos del trabajo 5. Revisión bibliográfica: las ideas de los alumnos sobre el cuerpo humano 6. Diseño y metodología del trabajo
<u>PARTES III:</u>	<u>LAS PRIMERAS REPRESENTACIONES DEL CUERPO HUMANO Y EL SN EN LOS NIÑOS</u>	7. Aspectos metodológicos 8. Las ideas de los preescolares 9. Las ideas de los niños de 3º de EGB 10. Conclusiones parciales
<u>PARTES IV:</u>	<u>LAS IDEAS DE LOS PRE-ADOLESCENTES SOBRE EL SN Y LA INFLUENCIA DE LA INSTRUCCION</u>	11. Aspectos metodológicos 12. Las ideas de los alumnos sobre el SN antes de la instrucción 13. Las ideas de los alumnos sobre el SN después de la instrucción 14. La instrucción: modelo conceptual del SN e intencionalidad instructiva 15. Conclusiones parciales
<u>PARTES V:</u>	<u>SINTESIS Y CONCLUSIONES FINALES</u>	16. La evolución conceptual del SN. Implicaciones didácticas

PARTI I

MARCO TEORICO

1. COMO APRENDEN CIENCIAS LOS ALUMNOS: ASPECTOS COGNITIVOS Y EPISTEMOLOGICOS	11
1.1.- Presupuestos constructivistas del aprendizaje y la ciencia	13
1.1.1.- Conocimiento y aprendizaje	13
1.1.2.- La naturaleza de la ciencia desde la epistemología constructivista	14
1.1.3.- Repercusiones en la didáctica de las ciencias	16
1.2.- El conocimiento de los alumnos: conocimiento científico y cotidiano	17
1.2.1.- Naturaleza y origen de los conocimientos de los alumnos	19
Características de los esquemas conceptuales de los alumnos	20
Estudios sobre el pensamiento natural	23
Aportaciones de la ciencia cognitiva	25
La teoría de los esquemas	25
Los modelos mentales	27
1.2.2.- Conocimiento cotidiano y conocimiento científico	33
El alumno como "científico"	33
El conocimiento cotidiano	35
Metacognición cotidiana y científica	36
2. APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL	41
2.1.- Perspectivas sobre el cambio conceptual	41
2.1.1.- Modelos más difundidos	41
2.1.2.- Límites de los modelos	47
2.1.3.- Mecanismos de reestructuración de los conocimientos	49
2.2.- Implicaciones para la enseñanza	51
2.2.1.- Modelos de instrucción	51
2.2.2.- Desarrollo curricular	54
2.2.3.- El profesor de ciencias	54
3. LA CONSTRUCCION DEL CONOCIMIENTO BIOLOGICO	57
3.1.- Descripción del conocimiento biológico	58
3.2.- Desarrollo evolutivo de conceptos biológicos	60
3.2.1.- Evolución de aspectos conceptuales específicos	60
3.2.2.- La evolución del conocimiento biológico	61

1. COMO APRENDEN CIENCIAS LOS ALUMNOS: ASPECTOS COGNITIVOS Y EPISTEMOLOGICOS

Que las ciencias "se digieren mal" y "se olvidan pronto" (Giordan, 1987) es una constatación que el profesorado viene poniendo de manifiesto desde hace, al menos, veinte años. La preocupación por la formación científica escolar ha producido un considerable volumen de investigaciones, cuya finalidad principal es mejorar la asimilación de los conocimientos científicos y el rendimiento escolar en este área.

Hasta mediada la década de los setenta, los trabajos sobre el aprendizaje de las ciencias se desarrollan, en gran medida, sobre dos modelos: la teoría piagetiana del desarrollo cognitivo y los tipos de aprendizaje gagnetiano, de corte conductista.

Las investigaciones en línea piagetiana parten del supuesto que muchos de los conocimientos científicos que tienen que aprender los alumnos, sobre todo en la secundaria, requieren un nivel formal del pensamiento. Se produjeron numerosas aportaciones relativas a cómo promover el desarrollo cognitivo en el aprendizaje de las ciencias: se propusieron modos de analizar la exigencia cognitiva de los contenidos científicos del currículo; y más recientemente, se investigó la posibilidad de lograr una aceleración en el desarrollo de las estructuras mentales de los alumnos y la adquisición del pensamiento formal en el aprendizaje de las ciencias (Adey, 1988). Las aportaciones de la línea piagetiana más clásica han sido recogidas en revisiones llevadas a cabo por Chiappetta (1976), Carretero (1980), Gutierrez (1984, 1987) y Aguirre de Carcer (1985) entre otros.

La corriente gagnetiana aborda el aprendizaje de las ciencias desde la necesidad de establecer secuencias jerarquizadas de instrucción, y evoluciona, hacia finales de los setenta, hacia enfoques entroncados en la corriente del procesamiento de la información. En esta fase la preocupación básica de los trabajos se centra en la relación entre la estructura del conocimiento en la memoria y los resultados del aprendizaje (White, 1988).

En la segunda mitad de los setenta, los dos paradigmas anteriores son puestos en crisis por grupos de investigadores que señalan su inadecuación para dar respuesta a problemas del aprendizaje de las ciencias que se dan en las aulas. Uno de estos problemas, que empezaba a tomar cuerpo en la investigación, era la existencia de un pensamiento propio sobre fenómenos naturales en los alumnos y alumnas, que permanecía inalterado tras la instrucción.

Unos autores (Driver y Easley, 1978) señalan que el énfasis piagetiano en estructuras mentales independientes de su contenido conceptual, era un punto débil que no permitía explicar la evolución de las ideas de los alumnos en campos conceptuales concretos. Otros autores (Gilbert y Swift, 1985) argumentan, desde presupuestos lacatosianos, la pérdida de capacidad del paradigma piagetiano para progresar teórica y empíricamente; al asumir como irrefutable una secuencia invariante del desarrollo cognitivo, la investigación deja de serlo para convertirse en pura tecnología. Tampoco los supuestos gagnetianos dan cauce a los nuevos problemas planteados (Driver, 1982, Gutierrez, 1989).

El interés recae sobre los trabajos de Ausubel (1979) que había llamado la atención sobre la importancia de los conocimientos previos de los alumnos, de modo diferente a Piaget y Gagné. Al mismo tiempo cobra relevancia el trabajo del psicólogo americano George Kelly (1955) sobre los procesos de construcción personal del saber: su teoría de la "alternancia constructivista", adaptada a la educación por Pope y Ken (1981), parece proporcionar un marco con gran potencia explicativa para interpretar la existencia y persistencia de las ideas de los alumnos sobre el mundo natural, desde aspectos más amplios que el cognitivo (Pope, 1986).

A partir de aquí comienza el desarrollo de una tendencia de investigación en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, que se ha designado bajo la denominación general de movimiento constructivista. Esta línea encierra tendencias diversas en el planteamiento del aprendizaje y la instrucción, pero parte de unos supuestos básicos comunes.

1.1.- Presupuestos constructivistas del aprendizaje y la ciencia

1.1.1- Conocimiento y aprendizaje

El constructivismo ha sido descrito por Kilpatrick (citado por Lerman, 1989) como constituido por dos hipótesis:

- a). El conocimiento es activamente construido por el sujeto, no recibido pasivamente del medio.
- b). Conocer es un proceso adaptativo que organiza la propia experiencia del mundo. El conocimiento no descubre un mundo independiente, preexistente fuera de la mente del que conoce.

La hipótesis (a) ha sido ampliamente aceptada en el ámbito de la enseñanza de las ciencias y las matemáticas, y está considerada como un elemento muy fructífero en la investigación sobre las ideas de los alumnos y el aprendizaje de las ciencias, así como para la transformación de los métodos de instrucción en las aulas.

La hipótesis (b) es más discutida porque levanta interrogantes sobre la naturaleza del conocimiento en general, y del conocimiento científico en particular, y sobre la posibilidad última de comprender lo que uno dice o quiere significar (problemas de reducir los lenguajes y conceptos al ámbito privado).

Los que aceptan sin reservas las dos premisas anteriores han sido denominados "constructivistas radicales". Glaserfeld (1987), uno de los considerados en esta corriente, expresa así la esencia del constructivismo:

" El aspecto más revolucionario del constructivismo es que el conocimiento no puede ni necesita ser "verdadero", en el sentido de que case con la realidad ontológica, sólo tiene que ser "viable" en el sentido de que encaje en las restricciones experienciales que limitan las posibilidades de actuar y pensar del organismo conocedor"

No se argumenta pues en términos de la verdad de los conocimientos, sino de su viabilidad funcional. Lerman (1989) señala que esta posición constructivista descansa en una epistemología relativista, en el sentido de poder rechazar criterios absolutos, y sin embargo, poder seguir argumentando que una teoría es preferible

a otra, aceptando la relatividad de tal criterio en relación a la comunidad científica y cultural en la que ambas teorías surgen. La objetividad del conocimiento, si se acepta la hipótesis (b), no se localiza en el ámbito ontológico trascendente, sino en el social.

El aprendizaje, desde la perspectiva constructivista, se concibe como la necesaria adaptación de los esquemas funcionales que posee la persona, para neutralizar las perturbaciones que van surgiendo en su interacción con el medio (Steffle, 1990). La interacción social juega un papel central en este proceso. En términos de Banersfeld (1988):

" El aprendizaje se caracteriza por la reconstrucción subjetiva de los modelos y medios sociales, a través de la negociación de significados en la interacción social "

1.1.2- La naturaleza de la ciencia desde la epistemología constructivista

El movimiento constructivista rechaza las posiciones filosóficas que consideran la ciencia desde la existencia de una base "objetiva" de observaciones, con las que contrastar las teorías sobre el mundo. Se adhieren, por el contrario, a las corrientes que consideran que la ciencia, y no solo el conocimiento personal, es conocimiento público, y por tanto construido socialmente. Esto significa considerar la ciencia no tanto como un "descubrimiento", sino como una construcción teórica para interpretar el mundo (Driver, 1987).

Hay pues un claro rechazo de los presupuestos filosóficos del empirismo lógico. La objetividad y permanencia de las observaciones sobre el mundo natural durante las revoluciones científicas; la necesidad de criterios objetivos para la validación de los descubrimientos científicos; el uso exclusivo de la lógica formal como instrumento de análisis del avance científico; y el crecimiento de la ciencia por acumulación, son posiciones teóricas que se abandonan. En su lugar, se acogen presupuestos provenientes de la "nueva filosofía de la ciencia" (Clemison, 1990), entre cuyos representantes se encuentran Kuhn, Popper, Toulmin, Lakatos y Feyerabend.

Al aceptar que el conocimiento del mundo no viene impuesto por una realidad objetiva, este se convierte de certeza en hipótesis, conjetura y teoría. Pueden ser

conjeturas muy bien establecidas, e incluso que parezca inconcebible que las cosas puedan ser de otro modo, pero esto no es un criterio de certeza. La objetividad no hace referencia a una observación libre de prejuicios; conceptos, teorías y constructos científicos son relativos cultural y temporalmente, y en un momento dado de la historia, su objetividad es controlada por la comunidad científica.

Se recurre a estudios detallados de la historia de la ciencia, en lugar de a la lógica formal, como instrumento de análisis de los avances de la ciencia. Explicar cómo tienen lugar los cambios de teorías en dominios específicos se convierte en foco de atención de los filósofos; se remite a criterios lógicos, empíricos, históricos y sociológicos, subrayando unos u otros según la perspectiva de los diferentes autores.

En síntesis: Kuhn se centra en la descripción de la actividad científica en periodos de "ciencia normal" centrada en los paradigmas dominantes, y en las condiciones que provocan un estado de "revolución científica" conducentes al cambio de paradigmas; Popper está más preocupado por los problemas lógicos que supone la comparación crítica de teorías en competición; Toulmin aborda el problema del cambio desde una perspectiva ecológica; y Lakatos considera que lo que compiten en el cambio no son teorías sino programas de investigación, en los cuales, las reglas metodológicas que definen cada programa determinan tanto los problemas a investigar como el modo de diferenciar la ciencia de la pseudo-ciencia.

En cuanto a la existencia de un mundo natural independiente de la mente (que la hipótesis (b) del constructivismo parece poner en cuestión), cuyo funcionamiento constituye el objetivo de la investigación científica, Lerman (1987) sugiere la siguiente interpretación desde los presupuestos constructivistas: lo que se niega no es la existencia de ese mundo objetivo, sino más bien la posibilidad de que el conocimiento científico que poseemos sea cierto, último y verdadero. Perder en certeza y absolutismo no supone, para este autor, perder el objetivo de la investigación científica; sigue existiendo la posibilidad de juzgar los conocimientos en términos de verdadero/falso, más/menos fructífero, evidencias/contraevidencias, pero hay que referir estos términos a marcos filosóficos particulares, no a presupuestos ontológicos.

La posición constructivista más radical sobre la naturaleza de las teorías científicas parece responder a lo que Hodson (1986) ha denominado

instrumentalismo, en el que el mundo real es descrito por medio de modelos científicos imaginarios. Las teorías no se consideran como intentos de describir el mundo real, sino como ficciones convenientes, cuyo valor se juzga por su utilidad en la predicción más que por su validez ontológica.

1.1.3- Repercusiones en la didáctica de las ciencias

Las posiciones constructivistas sobre el conocimiento y el aprendizaje, retomadas más o menos radicalmente, han llevado al análisis del crecimiento de las ciencias, tanto desde la vertiente del conocimiento en un campo de estudio (desarrollo de las teorías científicas), como en el caso de los sujetos (aprendizaje escolar de las ciencias). Los avances de la investigación en historia y filosofía de las ciencias por un lado, y de la ciencia cognitiva por otro, han llevado a considerar que el desarrollo de teorías científicas y la adquisición de conocimientos sobre el mundo por los individuos, pueden ser analizados mediante procedimientos que tienen mucho en común, y ser descritos con un lenguaje muy similar. En ambos casos, *el crecimiento se aborda desde un proceso de reestructuración de los conocimientos, conducente a un cambio conceptual.*

Considerar el aprendizaje como cambio conceptual es uno de los indicadores que definen actualmente la posición constructivista en didáctica de las ciencias. Retomaremos más adelante los supuestos e implicaciones que se dan actualmente bajo esta denominación.

En lo que respecta a la naturaleza de la ciencia, el movimiento constructivista señala la necesidad de explicitar las posiciones filosóficas que subyacen en los profesores, tanto en el diseño del currículo como en el de la instrucción. Son varios los autores que han puesto de manifiesto que, a pesar de la revolución en filosofía de la ciencia, gran parte de la práctica escolar está basada en concepciones caducas (empiricistas). Es el momento de que la "nueva filosofía" informe los nuevos planteamientos de la enseñanza, para hacer la ciencia más accesible y relevante a los alumnos, mostrándola como tarea humana, problemática, influenciada por la cultura en que se desarrolla (Abimbola, 1983; Driver, 1987; Hodson, 1988; Duschl, 1988; Clemison, 1990).

La fuerza con que los planteamientos históricos y filosóficos buscan irrumpir en la práctica de la enseñanza, y el reconocimiento de la falta de actualización del profesorado en este campo, han llevado a alertar sobre la adopción de posiciones cerradas y simplistas en la enseñanza de las ciencias.

Ray (1991) señala que las posiciones sobre los objetivos, naturaleza y métodos de la ciencia están lejos de ser unitarias, aunque compartan ciertos enfoques. La tremenda complejidad estructural y cultural de la ciencia actual desafía cualquier intento de reducción de la misma a una visión clara y única, sea esta la de Popper, Kuhn, Hesse, o cualquier otro filósofo particular. Ray aboga, al igual que Hodson (1986) por la integración de diversos enfoques filosóficos en la enseñanza. El primero señala la necesidad de explicitar las dos tensiones principales que se dan hoy en filosofía de la ciencia, y que él señala como:

- 1.- la tensión entre los enfoques sociológicos y metodológicos; y
- 2.- la tensión entre los que subrayan la función del experimento y los que dan primacía a las teorías y leyes.

Tras un recorrido por bien conocidos currículos de ciencias que toman posición en uno u otro polo de la tensión, Ray recomienda a los profesores de ciencias un enfoque amplio de la naturaleza y estructura de la misma, en el que las diversas posiciones son parte en un debate, no dogmas, y que les permita:

- mostrar al alumnado que se puede hacer ciencia de modos diferentes;
- discutir los beneficios y limitaciones de estos modos con sus alumnos; y
- poner más énfasis en el estudio de casos históricos y actuales y en proyectos de trabajos científicos de más larga duración, con el fin de ayudar a los estudiantes a desarrollar una visión más completa de la ciencia.

1.2- El conocimiento de los alumnos: conocimiento científico y cotidiano

Como queda señalado, en el movimiento constructivista en didáctica de las ciencias confluyen, en principio, dos factores:

- 1) La constatación masiva de que los alumnos desarrollan ideas propias sobre fenómenos naturales que constituyen el objeto de la enseñanza; que estas ideas

difieren a veces significativamente de los conocimientos científicos; y que son difíciles de cambiar por la instrucción.

- 2) Las aportaciones de la "nueva filosofía de la ciencia", especialmente los estudios de los cambios que se producen en campos conceptuales determinados a lo largo de la historia, y las explicaciones sobre cómo acontecen dichos cambios.

Los dos factores ponen de manifiesto, cada uno desde su particular perspectiva, que el desarrollo de nuevos conocimientos supone una reorganización de los conocimientos existentes, bien en la mente de los sujetos, bien en la comunidad científica. A partir de aquí, hay una tendencia en la investigación didáctica que se orienta a elucidar las condiciones necesarias para que la enseñanza provoque en los alumnos los cambios conceptuales que les permitan comprender mejor los conceptos y teorías científicas.

¿Qué se pretende cambiar?. El objeto de transformación lo constituyen "las ideas de los alumnos" sobre aspectos de la realidad natural que no se corresponden con las versiones científicas planteadas en la instrucción. Esto supuso la necesidad de poner de manifiesto dichas ideas en relación a aspectos conceptuales de relevancia en el currículo, percibidos como de difícil comprensión por los estudiantes.

En un primer momento, las investigaciones sobre las ideas de los alumnos tuvieron un carácter descriptivo, con la finalidad de poner de manifiesto su naturaleza y posibles orígenes. Más adelante se analizaron las condiciones para provocar su reorganización y se propusieron modelos y estrategias de instrucción orientadas al cambio conceptual (Serrano, 1987). En la actualidad, nos parece percibir una tendencia a reconsiderar los estudios precedentes integrando con más entidad las aportaciones provenientes del campo de la psicología cognitiva y de la filosofía de la ciencia, por un lado, y por otro, a desarrollar propuestas de instrucción más acordes con modelos diversos de cambio conceptual.

En este apartado analizaremos la situación actual desde dos perspectivas: a) la naturaleza de los conocimientos o ideas de los alumnos y b) las diferencias entre el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano.

1.2.1- Naturaleza y origen de los conocimientos de los alumnos

Los estudios que exploran las ideas de los alumnos lo han hecho en relación a aspectos conceptuales de la ciencia muy variados; si bien el mayor volumen se refiere a conceptos de las ciencias físicas, los relativos a la biología están siendo incrementados en los últimos años, como puede observarse en bibliografías específicas sobre el tema (Pfund & Duit, 1988, 1991). Este "retraso" en la investigación sobre las concepciones de los alumnos en el campo de las ciencias de la vida comporta el que gran parte de los trabajos sean de tipo descriptivo, mientras que en el campo de la física parecen moverse en una etapa más interpretativa.

Algunos de los trabajos sobre determinados conceptos han sido llevados a cabo con muestras de países diferentes, o replicados en más de una nación, poniendo de manifiesto que existen características comunes en las concepciones que construyen los alumnos. En biología, los estudios sobre las ideas de los alumnos relativas a la nutrición de las plantas verdes y a la selección natural han sido de los más extensamente analizados en diferentes países.

Por ejemplo, los estudios sobre la selección natural han sido realizados por Deadman (1976) con estudiantes de 11-14 años y Brumby (1979) con universitarios, ambos en el Reino Unido; Brumby (1984) repite su estudio con universitarios en Australia; Kargo y col. (1980) lo llevan a cabo con alumnos de 7-13 años en Canadá; y Jiménez Aleixandre (1989) aborda el tema con estudiantes de BUP, COU y universitarios en España. Todos estos estudios ponen de manifiesto que los estudiantes, aún después de la instrucción formal sobre el tema, mantienen "marcos, o esquemas conceptuales alternativos", sobre la selección natural, diferentes del esquema darwinista propuesto por la instrucción, y que los esquemas alternativos que aparecen en poblaciones que difieren en edad y nacionalidad son similares entre sí.

Los esquemas o marcos alternativos han sido denominados con otros nombres: razonamiento espontáneo (Viennot, 1977), ciencia de los alumnos (Osborne y Freyberg, 1985), concepciones o representaciones (ASTER, 1985), errores conceptuales (misconceptions) (Novak, 1983). En general, marco alternativo suele utilizarse para designar las ideas de los alumnos que no coinciden

con la versión científica (son alternativas a la misma desde las construcciones de los alumnos), mientras que representaciones o esquemas conceptuales tiene una *acepción más amplia, refiriéndose a las concepciones construidas por los alumnos, con independencia de su corrección desde el punto de vista científico.*

Características de los esquemas conceptuales de los alumnos

Desde los comienzos los esquemas conceptuales de la literatura anglosajona y las representaciones de la francesa, fueron considerados como estructuras mentales con un determinado nivel de estabilidad y coherencia interna (Champagne y col. 1983; Pope y Gilbert, 1983; Driver y Erickson, 1983; ASTER, 1985). Son "mini-teorías" locales cuya estabilidad, coherencia y consistencia tratan de poner de manifiesto las investigaciones sobre las ideas de los alumnos (Gilbert & Watts, 1983). Salvo en algún momento en los inicios de estas investigaciones, los esquemas conceptuales se consideran como un estadio natural del desarrollo conceptual; son alternativas viables para el sujeto, en su tarea de comprender el mundo, no fallos cognitivos.

Reconocer la existencia de dichas estructuras mentales llevó a preguntarse, en primer lugar, por su origen. En general, se indica que son el resultado de la capacidad imaginativa del pensamiento humano en su intento de organizar su percepción del medio, con el fin de aportar sentido al mundo que le rodea. Entre los factores a los que se atribuye una mayor influencia en el desarrollo de estos esquemas destacan (Driver & Erickson, 1983; Head, 1986; Duit, 1990):

- las experiencias sensoriales de la vida diaria;
- el uso del lenguaje común, especialmente el expresado en términos metafóricos;
- la utilización de analogías, bien espontáneas, bien creadas con motivos didácticos para facilitar la comprensión de aspectos científicos;
- las creencias y las prácticas de la cultura, especialmente las del subgrupo de pertenencia;
- determinantes genéticos (sugeridos únicamente por Preece, 1984)

Para Driver & Erickson (1983) la comunalidad de la experiencia sensorial y del uso metafórico del lenguaje, reforzándose mutuamente, son las causas más directamente responsables de los marcos conceptuales más frecuentes y más

fuertemente arraigados. Por otro lado, los marcos creados por la influencia del pensamiento analógico serían más idiosincráticos y fácilmente desplazables.

Desde la perspectiva de Driver se puede comprender que existan marcos *alternativos en los alumnos sobre muchos aspectos de la física, que estén muy arraigados*; gran parte de los conceptos físicos hacen referencia a experiencias sensoriales y de lenguaje muy repetidas (experiencias de frío y caliente, de movimiento, de tirar y empujar, el uso en el lenguaje de los términos calor, temperatura, fuerza, potencia, etc.). Pero, ¿qué ocurre con aspectos biológicos, gran parte de los cuales no se relacionan con estos tipos de experiencias?. ¿Desarrollan también los estudiantes esquemas alternativos?. Si lo hacen, ¿son estructuras fácilmente desplazables?

Ya hemos señalado que, en los campos de la selección natural y de la nutrición de las plantas verdes, se ha descrito la existencia de dichos esquemas en poblaciones diferentes. Sin embargo, autores como Lawson (1989) han puesto en duda que el crecimiento del conocimiento biológico se realice, por lo menos en los niños, a partir de la formación de este tipo de marcos conceptuales espontáneos. Pero antes de entrar en este problema, vamos a analizar las características atribuidas a este tipo de pensamiento.

Considerar que las ideas de los alumnos funcionan como "teorías" *alternativas personales*, conlleva el tema de su estabilidad y consistencia, dos aspectos difíciles de dilucidar tal y como se llevan a cabo en un buen número de investigaciones.

En primer lugar, en los resultados de la mayoría de los trabajos, los marcos conceptuales son descripciones que engloban ideas de grupos de alumnos, no son de individuos, lo cual plantea la duda de si nos dicen algo en relación a la estructura mental de los sujetos. Aún reconociendo el fuerte componente de interacción social en la construcción del conocimiento personal, este es en último término -siguiendo los principios del constructivismo- una re-elaboración personal de los significados compartidos. Una cosa es pues poner de manifiesto los marcos conceptuales compartidos por diferentes personas, y otra muy distinta es elaborar un marco a partir de ideas de diferentes individuos.

Por otro lado, son pocos los estudios longitudinales realizados para poder poner de manifiesto la estabilidad/inestabilidad de las representaciones personales. Una buena parte de las descripciones de las ideas de los alumnos se lleva a cabo en estudios de tipo pre-post instrucción; de este modo, lo que se puede poner de relieve es la estabilidad proporcional con que las mismas representaciones se dan en el conjunto de la muestra, y lo que más se subraya es la ineficacia de la instrucción para promover el cambio de las concepciones alternativas a las concepciones científicas propuestas.

Uno de los escasos estudios longitudinales se debe a E. Clough (1982) que analiza la estabilidad en las ideas, a nivel individual, de alumnos de 12 y 14 años de edad en un periodo de dos años. Entre los diversos conceptos estudiados, uno se refiere a la selección natural. Los resultados de esta autora (Clough y col., 1987) ponen de manifiesto que aproximadamente un 50% de los individuos utilizan los mismas ideas que dos años antes, para explicar las mismas tareas.

Clough y Driver (1986) y Jimenez Aleixandre (1989) han llevado a cabo análisis de la consistencia individual en el uso de las representaciones sobre la selección natural a través de tareas similares en contextos diferentes (similares desde el punto de vista científico). En ambos casos, las autoras señalan que existe una "moderada" consistencia. El problema que se plantea en este caso es dilucidar el por qué de la inconsistencia. Se argumenta, en primer lugar, con el hecho de que las tareas son percibidas por los estudiantes como relativas a fenómenos científicos diferentes (Brumby, 1979), y se explicita que la consistencia intraindividual aumenta cuando las tareas son consideradas como semejantes por los estudiantes (Jimenez y Fernandez, 1989). Otras causas más complejas sobre la inconsistencia personal en el uso de las representaciones se relacionan con los niveles de comprensión de los conocimientos científicos subyacentes en las tareas y con aspectos epistemológicos de los estudiantes, que fallan en percibir la incompatibilidad de representaciones, o su escasa convicción en que una teoría explique coherentemente situaciones diferentes (Jiménez Aleixandre, 1989).

Lo que en realidad persiguen las autoras citadas, al probar la estabilidad temporal y consistencia en el uso de los marcos conceptuales (en este caso sobre la selección natural) es poner de manifiesto que son estructuras mentales organizadas, que se emplean para interpretar situaciones determinadas, y que son difícilmente desplazables por la "enseñanza" del marco científico.

En algunos casos se desarrollan con precisión estos marcos o esquemas conceptuales, sistematizando y relacionando las ideas de los estudiantes y destacando las que constituyen el núcleo de cada esquema (esquemas lamarquistas y darwinistas en Jimenez Aleixandre, 1989). Pero, como bien señala esta autora, en ese momento, estos esquemas pasan a ser "representaciones ideales", es decir, no responden a las ideas de ningún sujeto, sino del colectivo. En otras palabras, dejan de ser representaciones de estructuras mentales de los sujetos. Estas construcciones globales tienen, sin duda alguna, un inapreciable valor para la planificación de la instrucción desde la perspectiva del cambio conceptual.

Pero lo que nos interesa ahora poner de manifiesto es que estas investigaciones sobre la permanencia temporal y la consistencia contextual, no nos dicen nada sobre la coherencia interna de las representaciones de los sujetos, a partir de la cual analizar el tema de la permanencia/consistencia y de sus restricciones.

Lo que proponemos es, que de igual modo que se analiza cual es el núcleo fundamental y las conexiones de esquemas conceptuales globales, se pueda analizar cuáles sean los constituyentes de los esquemas conceptuales de los individuos que les llevan a explicitar un determinado rango de ideas para explicar ciertas situaciones. Este análisis, no obstante, no debe estar guiado por los criterios de coherencia y consistencia desde los supuestos científicos de una teoría determinada, sino desde las características del pensamiento del sujeto.

Lo dicho supone plantear la caracterización de las representaciones de los alumnos desde un marco teórico diferente al que constituye el conocimiento científico de las ciencias de la naturaleza, para tratar más adelante de poner de manifiesto cuáles sean los requerimientos para el cambio de un marco de representaciones al otro.

Estudios sobre el pensamiento natural

Como dijimos anteriormente, a mediados de los ochenta el cúmulo de trabajos descriptivos relativos a las ideas de los alumnos era suficientemente extenso

como para que algunos autores se cuestionaran sobre la finalidad de esta creciente lista de constataciones sobre su existencia y resistencia. Se plantea la necesidad de buscar una teoría básica que dé cuenta de los resultados empíricos.

Guidoni (1985) aboga por caracterizar esa teoría básica desde *el pensamiento natural* de los sujetos, que describe así:

"es el que nos permite reconocer y prever, discriminar y relacionar, es parcialmente isomórfico con nuestras percepciones, lenguaje, etc., y no sería entendible sin tener en cuenta estos aspectos, pero al mismo tiempo es fundamentalmente irreducible a cualquiera de ellos." (P. 134)

Señala Guidoni que las teorías sobre el pensamiento natural deberían evitar el error de creer que todo "pensar" es "teorizar", esto es construir teorías. Desde esta perspectiva, no podemos asumir, como punto de partida, que los alumnos tienen algún tipo de teoría sobre las fuerzas, el calor, o cualquier otro aspecto, y tratar de inferirla de sus respuestas.

"El sistema de pensamiento natural de una persona no es una teoría consistente sobre el mundo y si tratamos de interaccionar con él como si lo fuera nos confundiremos a nosotros mismos" (p. 138)

Di Sessa (1983, 1988) apunta que el pensamiento intuitivo de los alumnos en el campo de la física está lejos de constituir teorías, en el sentido en que estas son caracterizadas en historia de la ciencia. Por el contrario, la física intuitiva de los alumnos está formada por una colección de ideas fragmentarias, pobremente conectadas y reforzadas, y que no poseen en absoluto la coherencia y sistematicidad que uno atribuye a las teorías.

Muchos de los fragmentos que constituyen ese pensamiento intuitivo (p-prim o primitivas fenomenológicas en la terminología de diSessa) pueden ser entendidos como simples abstracciones de experiencias comunes, que pueden ser consideradas como primitivas en el sentido de que no necesitan explicación por parte de los sujetos: sencillamente son así. Las personas tienen tanta experiencia de que las cosas suceden de una manera determinada, que ciertos fenómenos se consideran simplemente como "lo que tiene que pasar". Tan solo si las expectativas fallan se necesita pensar sobre ello.

Ogborn (1985) señala que las explicaciones que buscamos para entender el pensamiento de los alumnos son descripciones detalladas del razonamiento de sentido común empleado en situaciones que implican ciertos aspectos científicos; es decir, elaborar teorías del contenido de los marcos alternativos de los alumnos en diversos ámbitos científicos. Estas teorías no serían necesariamente conscientes en el sujeto. Su utilidad estribaría en presentar un marco integrado que explicara de modo uniforme las diferentes concepciones que la investigación ha caracterizado.

Ogborn propone, en el artículo citado, un primer esquema de una teoría de sentido común sobre el movimiento, y señala que para elaborar cualquier teoría se necesitaría, además de su acuerdo con el sentido común de la gente, dos niveles de explicación: 1º) tener capacidad de predicción en situaciones reales de la vida, y 2º) ser explicada en términos psicológicos en relación a un nivel más profundo de funcionamiento mental.

Las explicaciones de este nivel más profundo de funcionamiento mental se han incorporado a los estudios sobre el pensamiento de los alumnos tomándolas, en gran medida, de los avances en la ciencia cognitiva.

Aportaciones de la ciencia cognitiva

Las aportaciones que en este momento nos interesan son las que hacen referencia a la caracterización del pensamiento espontáneo. Más que aportaciones sobre el aprendizaje, la ciencia cognitiva proporciona modelos de cómo se almacena, se transforma y se recupera la información en la memoria.

La teoría de los esquemas

Tiene sus antecedentes en la caracterización y modelización del conocimiento para ser introducido en una computadora y resolver problemas complejos en el área para el que han sido diseñados (sistemas expertos). Su potencia estriba en tener especificadas todas las reglas heurísticas necesarias, relativas al campo concreto. Estos sistemas son, sin embargo, totalmente inútiles para resolver problemas triviales de los que llamamos de sentido común.

La búsqueda de la caracterización del pensamiento de sentido común reúne un grupo de autores (Schank, Abelson, Minsky, Rumelhart y Norman, etc) que, aun con matices diferentes, se citan bajo la denominación de "Teoría de los Esquemas". Una descripción más detenida de esta perspectiva puede consultarse en Gutierrez (1990) y Pozo (1989).

Lo que nos interesa aquí señalar es la coincidencia en que los esquemas son una estructuras de datos para representar los conceptos genéricos almacenados en la memoria:

- Son estructuras *holistas*, no meros agregados, y pueden representar conceptos, situaciones, sucesos, acciones y secuencias de sucesos o acciones.
- Especifican la *red de interrelaciones* que existen entre sus constituyentes.
- Son paquetes de conocimientos que contienen información sobre el *conocimiento y las reglas para su uso*. Representan por tanto significados, no sólo reglas sintácticas.

Que los esquemas sean una realidad estructural de la mente, o un constructo útil para interpretar cómo se organizan los datos en la memoria, es una polémica no resuelta, pero, como plantea De Vega (1984), desde el punto de vista psicológico esta teoría es muy plausible y explica bien los datos empíricos de los sujetos comportándose en la vida diaria.

Lo que resulta interesante desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias es que la comprensión de la realidad puede interpretarse como dependiente de los esquemas que el individuo posee. Es importante entonces conocer cómo evolucionan los esquemas mentales durante el aprendizaje. Rumelhart & Norman (1978) diferencian tres tipos de aprendizaje:

- **Agregación:** es para estos autores el modo más normal de aprender hechos. Supone la acumulación de nuevos datos en los esquemas de la memoria que se poseen, sin que suponga cambios estructurales en dichos esquemas; los nuevos datos son ejemplos, casos particulares de los ya existentes.
- **Ajuste:** es un tipo de aprendizaje que implica la adaptación continuada de los esquemas que se poseen, para ajustarlos más a las demandas funcionales que sobre ellos se realiza. Es algo más que simplemente añadir nuevos datos al esquema, supone "refinarlo" sin cambiar su estructura básica.

- **Reestructuración:** es un proceso más difícil; consiste en la creación de nuevos esquemas para interpretar nuevas informaciones. Los nuevos esquemas imponen su organización sobre los anteriores. Es un proceso que requiere tiempo y, posiblemente, una masa crítica de información acumulada. La generación de nuevos esquemas procede principalmente, según estos autores (1981), por vía de inducción de esquemas (*pattern generation*), mediante el descubrimiento de regularidades en las co-ocurrencias de ciertos fenómenos.

Las mayores dificultades de los esquemas en relación al aprendizaje residen en los sistemas de inferencias internos y externos de los mismos (Gutiérrez, 1990); en estos aspectos, los representantes de la teoría de los esquemas reconocen su limitación para explicar cómo se generan esquemas nuevos, o cómo manejan los esquemas las anomalías provenientes del contexto, que no están representadas en los esquemas.

Los modelos mentales

Esta línea de investigación, con ciertas similitudes con la anterior, busca salir al paso de los problemas que esta no resuelve. Nos detenemos un poco más en la explicación de esta línea, por ser la que nos servirá de referencia en nuestro trabajo.

Parte de considerar que la visión del mundo, de uno mismo, de las capacidades y de las tareas que debemos realizar, o de los aprendizajes a conseguir, dependen en gran medida de las concepciones que se tienen. Al interactuar con el medio y con los otros, las personas construyen modelos mentales internos de sí mismos y de las realidades con las cuales interactúan. Estos modelos tienen *poder explicativo y predictivo* suficiente como para comprender las interacciones que se realizan (Norman, 1983).

Norman explica los modelos mentales a partir de la consideración de cuatro aspectos:

- 1) el sistema objetivo, es decir aquello que la persona está aprendiendo o utilizando (en nuestro caso el cuerpo humano y en particular el sistema nervioso);

- 2) el modelo conceptual, que es una invención llevada a cabo por científicos, profesores, ingenieros, etc., para proporcionar una representación apropiada del sistema objetivo, en el sentido de que sea exacta, consistente y completa (en nuestro caso se corresponderá con el modelo de sistema nervioso propuesto por la instrucción);
- 3) el modelo mental del sujeto, es la representación mental del sistema objetivo (en nuestro caso la representación del sistema nervioso que el alumno construye);
- 4) la conceptualización científica del modelo mental, esto es la descripción que el investigador hace del modelo mental del sujeto (en nuestro caso las descripciones de los modelos mentales de los alumnos); es un modelo de un modelo, un metamodelo.

Los modelos mentales no tiene por qué ser, y en general no son, modelos técnica o científicamente correctos, pero son funcionales. Son por naturaleza modelos en evolución; a medida que interaccionan con el sistema, las personas reformulan su modelo mental sobre el mismo, para obtener resultados más acordes con la interacción. Los modelos mentales que se construyen están limitados por los conocimientos técnicos o científicos de la persona, su experiencia previa con sistemas parecidos y la estructura humana de procesamiento de información.

Norman señala los siguientes factores funcionales de los modelos mentales:

1. *Sistema de creencias*. El modelo mental de una persona debe de reflejar sus creencias sobre el sistema, adquiridas bien por observación, instrucción o inferencia.
2. *Observabilidad*. Debe existir una correspondencia entre los parámetros y estados del modelo mental accesible a la persona y los aspectos y estados del sistema físico que la persona puede observar.
3. *Poder predictivo*. El objeto de un modelo mental es permitir a la persona entender y anticipar el comportamiento del sistema físico: esto significa que debe poseer poder predictivo, bien aplicando reglas inferenciales o por derivación procedimental. En otras palabras, debe ser capaz de poner en funcionamiento el modelo mentalmente.

¿Cuales son los contenidos del modelo mental?

Dado que la principal característica de un modelo mental es su funcionalidad (Johnson-Laird, 1983), su contenido depende de las cuestiones que el "usuario" (en terminología de Minsky) se plantea o quiere resolver en relación al sistema objetivo. Como ya hemos señalado, los modelos mentales no necesitan ser exactos ni completamente correspondientes con la realidad para ser útiles.

Johnson-Laird (1983, p3 y ss) explica este punto a partir del modelo mental de un aparato de TV: para muchas personas, el modelo mental de la TV es una caja que se conecta a la red eléctrica por un enchufe y se controla a través de unos botones para producir imágenes móviles y sonidos; este modelo les resulta suficiente para su interacción habitual con el aparato. Un técnico de reparaciones de TV poseerá, sin embargo, un modelo mental del aparato algo más complejo que el de los simples usuarios; el tubo de rayos catódicos, circuitos integrados, resistores, transistores, etc. son elementos que el técnico necesita tener diferenciados en su modelo de TV para poder repararlo. Sin embargo, es posible que este técnico no necesite saber nada de electrodinámica cuántica.

Es importante señalar que no se aumenta necesariamente la funcionalidad del modelo añadiéndole más información a partir de un cierto nivel, y este nivel depende de las necesidades del usuario. Hay componentes del modelo que cumplen una función explicativa de la realidad, otros, sin embargo, no son más que simulaciones, pero no por ello son menos útiles a la persona si le resultan funcionales. Siguiendo con el aparato de TV, el modelo mental de una persona puede ser el de un haz de electrones que son magnéticamente dispersados a través de la pantalla. Este componente le sirve para explicar, por ejemplo, por qué las imágenes se distorsionan cuando se acerca un imán a la pantalla. Sin embargo, esta misma persona se puede imaginar que el electrón es dispersado por el campo magnético del mismo modo que una bolita de hierro es desviada por un imán, pero no existe ninguna representación de la naturaleza del magnetismo; esta "imaginación" no es más que una simulación de lo que ocurre en la realidad, más que una explicación de los principios que la producen. Para Johnson-Laird, muchos de los modelos mentales de las personas son poco más que simulaciones de alto grado, sin embargo son útiles, siempre que la representación que proporcionan se corresponda con lo que ocurre.

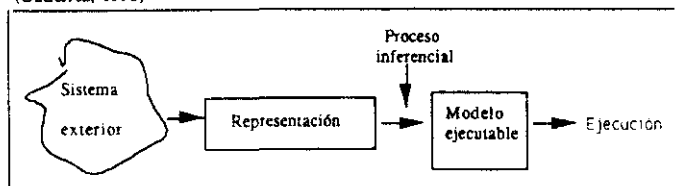
Cuando una persona pone en funcionamiento su modelo mental sabe si necesita más información al compararlo con lo que percibe. Si no hay correspondencia, sabe que necesita otras informaciones para añadirlas a su modelo y que este sea más predictivo; si se corresponde, nuevas informaciones pueden no añadir mas que "ruido" y no facilitar una mejor comprensión. Esto significa que las personas poseen un sistema que les permite evaluar sus modelos. Pero todos estos procesos son implícitos en la mayoría de los sujetos que, sin embargo, se manejan en la realidad utilizando modelos mentales cada vez mejores.

Los conocimientos actuales sobre los procesos cognitivos ponen de manifiesto la plausibilidad psicológica de los modelos mentales, y existe también un amplio consenso sobre su función en el comportamiento cognitivo del sujeto: *la comprensión del funcionamiento de un sistema y la capacidad de predecir su comportamiento* (Norman, 1983; Johnson-Laird, 1983; De Vega, 1984; Boden, 1988). Para que esto sea posible, se han tipificado los siguientes procesos:

- el sujeto debe "traducir" el sistema externo y los procesos a una *representación interna* de los mismos, en términos de palabras, signos, números, etc.;
- desde esta primera representación, y por un proceso inferencial, se derivan otros símbolos. Esto dá lugar a una segunda representación mental del sistema externo;
- ser capaz de *poner en funcionamiento mentalmente* esta última representación, de modo que sea posible realizar predicciones del comportamiento del sistema en situaciones externas diferentes (esta característica es la que permite al investigador poner a prueba la coherencia del modelo del sujeto).

Una representación gráfica de estos procesos nos la ofrece Gutierrez (1990) en la figura siguiente:

Figura 1.1-Elementos característicos considerados clásicamente en los modelos mentales (Gutierrez, 1990)



Una de las líneas de investigación en torno a los modelos mentales consiste en desentrañar los sistemas de inferencia implicados en la construcción de modelos mentales por los sujetos. Se trata, en último término, de poner de manifiesto cuál es el mejor modo de explicar el razonamiento de sentido común que empleamos los humanos en las situaciones cotidianas. De Kleer y Brown son investigadores representativos de esta línea de trabajo. Sus estudios versan sobre los modelos mentales intuitivos, relativos a sistemas físicos dinámicos, que construyen los sujetos. Una descripción comprensiva de los trabajos de dichos autores puede consultarse en Gutierrez (1990).

Problemática del análisis de modelos mentales en sistemas biológicos

Los estudios sobre los modelos mentales que construyen los alumnos se han llevado a cabo en el campo de la física, en relación a sistemas materiales mecánicos (de Kleer & Brown, 1981, 1983; Williams y col., 1983); electricidad (Gentner & Gentner, 1983); y en geología sobre la forma de la Tierra (Vosniadou & Brewer, 1989). No conocemos trabajos realizados en el campo de la biología desde esta perspectiva.

En nuestro trabajo, una vez puestas de manifiesto las ideas intuitivas de los alumnos sobre el cuerpo humano, y en especial sobre el sistema nervioso, nos preguntamos si dichas ideas podrían considerarse desde la perspectiva de los modelos mentales. Las descripciones sobre modelos mentales de sistemas físicos que poseemos, ¿pueden servirnos de guía para tipificar modelos mentales de un sistema corporal como el sistema nervioso?.

En la descripción del modelo mental mecánico de Kleer y Brown señalan una serie de elementos a tener en cuenta para su comprensión:

- *La topología del sistema* : es una representación de la estructura física del mismo; de sus componentes y localización.
- *Pre-visión* : es un proceso de inferencia mediante el cual, dada la estructura de un sistema, se determina su función.
- *Modelo causal* : es una representación de cómo funciona el sistema. La descripción en el modelo de estos autores se expresa en términos de interacciones causales entre los componentes del sistema.
- *Ejecución* : es el proceso de puesta en marcha del modelo causal para producir un comportamiento determinado del sistema.

Williams y col., (1983) definen los modelos mentales como una colección de objetos autónomos "conectados", y los tipifican con los componentes siguientes:

- Una serie de *objetos mentales autónomos relacionados en una topología* determinada. Un objeto autónomo es un objeto mental con una representación y unas características explícitas y unas conexiones topológicas con otros objetos también explícitas. Asociado con cada objeto autónomo hay una serie de reglas que modifican sus parámetros y especifican, por tanto su comportamiento.
- Los modelos mentales *se pueden poner en funcionamiento*. Poner en funcionamiento un modelo corresponde a una modificación de sus parámetros, que tiene lugar a través de una propagación de información utilizando las reglas internas y la topología del modelo.

En principio, nos parecía que las características del modelo mental relativas a los objetos y topología del sistema, así como la atribución de las funciones al mismo, podrían ser aspectos de interés a considerar en los modelos mentales relativos a sistemas corporales. Sin embargo, teníamos que ser conscientes de una diferencia importante: mientras que los sistemas físicos son "externos", están a la vista y los sujetos pueden observar, al menos en parte, su comportamiento y los resultados de sus predicciones, los sistemas corporales no son directamente observables ni en su topología ni en su funcionamiento. El sistema nervioso es, además, un ejemplo de dificultad mayor al constituir para los estudiantes un elemento de referencia de segunda instancia: casi todo el funcionamiento corporal que conocen los alumnos se explica en relación a sistemas diferentes del nervioso.

¿Significan estas diferencias que las ideas de los alumnos sobre los sistemas corporales no conforman modelos mentales?. Si aparecen dichos modelos, ¿tienen características diferentes de los modelos mentales descritos en sistemas físicos?. Estas son algunas de las cuestiones que hemos querido investigar en relación a las ideas intuitivas de los alumnos sobre el sistema nervioso. En nuestro estudio, nos limitaremos a indagar la existencia de los modelos mentales en cuanto a representaciones internas del sistema externo (representación y modelo ejecutable), sin entrar en el análisis de los procesos inferenciales que transforman la primera representación en la segunda.

1.2.2- Conocimiento cotidiano y conocimiento científico

Las aportaciones de la ciencia cognitiva que hemos revisado se orientan a la descripción de las estructuras mentales de los sujetos en el contexto del pensamiento de sentido común. El conocimiento de estas estructuras es importante porque dan cuenta de las ideas con que los alumnos llegan a la instrucción de un modo más comprensivo que un simple listado de ideas sueltas. Pero persiste la dificultad, ampliamente constatada, de transformar las ideas generadas de modo espontáneo en pensamiento científico. Dicha dificultad está relacionada, posiblemente, con un factor de carácter epistemológico: la diferencia entre el objetivo del conocimiento cotidiano y el científico, y las implicaciones relativas a procesos de conocimiento referidos por cada uno de ellos.

El alumno como "científico"

La metáfora de que el ser humano, niño o adulto, se comporta como un científico en su tarea de comprender el mundo que le rodea se debe al psicólogo americano G. Kelly. Según este autor, tanto la persona-científica como el científico-persona están inmersos en procesos de observación, interpretación, predicción y control; el cuestionamiento y la exploración, revisión y reemplazo a la luz de los errores en la previsión, que son características de la teorización científica, es precisamente lo que cualquier persona hace en su intento de prever los hechos. (Pope, 1986). Sin embargo, cabe preguntarse cuáles son las diferencias de fondo

entre el modo en que los científicos se enfrentan a la realidad y la manera en que lo hacen el resto de las personas.

Osborne y Freiberg (1985), entre otros, señalan tres diferencias entre el modo en que los científicos y los adolescentes abordan el mundo natural:

1. El carácter abstracto del razonamiento científico, frente a la mediatización perceptiva, antropocéntrica y valoral de los alumnos.
2. La coherencia teórica de las explicaciones científicas, frente a la parcialización fenomenológica de las explicaciones de los adolescentes.
3. El uso de un lenguaje formalizado por la ciencia, frente a la polivalencia del lenguaje común empleado por los estudiantes.

Estos y otros aspectos son indicadores que caracterizan el conocimiento en dos ámbitos específicos: el científico y el cotidiano. En cada ámbito, el conocimiento está constituido por los conocimientos declarativos y procedimentales útiles para conseguir sus metas propias. Cuando una persona está familiarizada con un ámbito de conocimiento particular, funciona en él sin problemas; es decir, comprende su finalidad y emplea los medios cognitivos apropiados para lograrla. Por ejemplo, la mayor parte de las personas estamos acostumbradas a desenvolvemos en la vida diaria sin grandes problemas: sabemos qué significa que suene el despertador, conocemos cómo apagar la alarma, no tenemos dificultad en saber qué hacer una vez levantados, etc. Si además sabemos conducir, poner el coche en marcha, circular y escoger una ruta determinada, es algo que realizamos sin muchos problemas.

Sin embargo, cuando uno se encuentra con un campo de conocimiento desconocido empiezan a surgir dificultades. Los primeros contactos con un ordenador son un buen ejemplo de la perplejidad que crea el comportarse en un medio poco familiar: ¿cómo se accede a un programa?, ¿qué teclas realizan cada función?, si no sé salir de un programa, ¿qué ocurre si apago el ordenador?, etc.

Desde el punto de vista de la ciencia, los científicos están acostumbrados a funcionar con soltura en sus campos particulares: saben la finalidad que persiguen y manejan las estructuras de conocimiento y métodos adecuados. Pero, para los alumnos, las ciencias son ámbitos de conocimientos nuevos, cuya finalidad y requerimientos cognitivos no alcanzan en general a entender. La dificultad se

agrava cuando se enfrentan desde las ciencias con aspectos que le son familiares desde el conocimiento cotidiano, en el que se manejan con soltura.

Recientemente está tomando cuerpo el estudio comparativo entre las características del conocimiento cotidiano y el conocimiento científico, como medio de comprender algunos problemas básicos que se plantean en el aprendizaje de las ciencias. Se argumenta que los estudiantes abordan el aprendizaje de las ciencias desde los supuestos del pensamiento natural, que caracteriza el conocimiento cotidiano, lo que conlleva una transferencia de finalidades, métodos y estrategias cognitivas que provocan serias dificultades en el aprendizaje correcto de las ciencias.

El conocimiento cotidiano

Una de las obras más conocidas relativas al conocimiento en la vida cotidiana se debe a Berger y Luckman (1978), que abordan el tema desde la sociología del conocimiento. En el primer capítulo de su obra señalan algunas de las características del sentido común operando sobre la vida cotidiana:

- en primer lugar, la vida cotidiana es *la realidad por excelencia* : aunque tengamos conciencia de que existen otras realidades, esta se impone sobre la conciencia de modo tan imperioso e intenso que da derecho a considerarla como la realidad suprema;
- esta realidad cotidiana se da por establecida como realidad: *no requiere verificaciones* adicionales; está ahí como facticidad evidente de por sí;
- aprehendemos la vida cotidiana como una *realidad ordenada* : sus fenómenos se presentan ordenados en pautas que parecen independientes de mi aprehensión de ellos mismos y que se les imponen;
- la realidad cotidiana se presenta *ya objetivada* : es decir, constituida por un orden de objetos que han sido designados como tales antes de que yo aparezca en escena;
- *el lenguaje de la vida cotidiana* nos proporciona continuamente las objetivaciones indispensables y dispone el orden dentro del cual éstas adquieren sentido y dentro del cual la vida cotidiana tiene significado para nosotros;
- la realidad de la vida cotidiana se nos presenta además como *un mundo intersubjetivo*, que comparto con otros.

Estas características hacen que el mundo de la vida cotidiana se imponga por sí solo y cuando se quiere desafiar esta imposición hay que realizar un esfuerzo deliberado y nada fácil. La transición de la actitud natural a la actitud teórica, por ejemplo del científico, es un ejemplo de este punto.

Lo anterior no significa que el conocimiento de la vida cotidiana esté exento de problemas, pero cuando estos aparecen se busca integrarlos en lo que ya conocemos: es decir, el conocimiento de sentido común tiene una diversidad de instrucciones acerca de cómo proceder para abordar los problemas que se nos plantean, *incluida la estrategia de remitir ciertas realidades a otros ámbitos no cotidianos*. Por ejemplo, ante una dolencia recurrir a la explicación médica.

Estos ámbitos no cotidianos aparecen como "zonas limitadas de significado", y los consideramos alejados de la vida cotidiana. El paso a estas zonas limitadas de significado suponen un "salto"; sin embargo, la vida cotidiana retiene su preeminencia aún cuando se producen estos "saltos".

Esta preeminencia se debe en parte a que el lenguaje común de que *disponemos para objetivar nuestras experiencias se basa en la vida cotidiana*, y sigue tomándola como referencia, aún cuando se utiliza para interpretar experiencias que corresponden a zonas limitadas de significado. Berger y Luckmann siguen señalando que "deformamos" o "traducimos" las experiencias que no son cotidianas para referirlas a la suprema realidad cotidiana.

Este breve recorrido por el conocimiento cotidiano tipificado por Berger y Luckman nos ponen ya en antecedentes de las dificultades que supone el aprendizaje de las ciencias, que constituye una de las zonas limitadas de significado. Estas dificultades se agravan porque los estudiantes no perciben el "salto" que se les plantea para pasar de los esquemas del conocimiento cotidiano, en los que habitualmente se desenvuelven, al pensamiento científico.

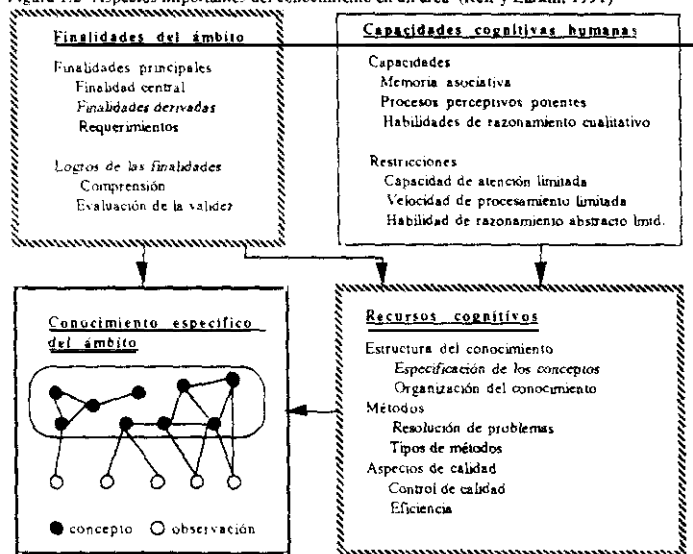
Metaconocimiento cotidiano y científico

Moverse adecuadamente en una zona no cotidiana supone ser consciente de las características diferenciales del conocimiento en el ámbito al cual "se salta", en nuestro caso de las ciencias. En un artículo reciente, Reif y Larkin (1991), autores procedentes del campo de la ciencia cognitiva, ponen de manifiesto la importancia

de lo que denominan "metaconocimiento" de un ámbito, es decir el conocimiento de las finalidades y los recursos cognitivos útiles en un área del saber, para poder desenvolverse en él adecuadamente. Dichos autores han realizado un análisis comparativo sistemático entre el metaconocimiento en la vida cotidiana y en el ámbito científico de las ciencias de la naturaleza. Este análisis tiene como objetivo poner de manifiesto dónde pueden residir las dificultades en el aprendizaje de las ciencias. Resumimos a continuación las aportaciones de estos autores.

La Figura 1.2 representa las relaciones entre el *conocimiento específico* de un ámbito y el *metaconocimiento* del mismo.

Figura 1.2- Aspectos importantes del conocimiento en un área (Reif y Larkin, 1991)



El conocimiento específico de cualquier área científica está constituido por los conceptos utilizados en ella, sus relaciones y los métodos para manejarlos, así como las especificaciones que ponen de manifiesto cómo se relacionan los conceptos con las observaciones de las que pretende dar cuenta. El conocimiento específico de la vida cotidiana, aunque constituido por los mismos elementos, no es enteramente consciente y por tanto no se expresa de modo explícito.

El conocimiento específico en cualquier ámbito (recuadro negro grueso de la figura) está fuertemente determinado por las finalidades que este persigue y por los recursos cognitivos particularmente útiles en ese ámbito; es decir por el metaconocimiento de dicho ámbito (recuadros de trazos de la figura). Por ejemplo, un buen trabajo en biología requiere no sólo el conocimiento de los conceptos y métodos de la biología, sino también un conocimiento general de las finalidades que ésta persigue y de los modos de razonamiento útiles en ella.

La Tabla 1.1 especifica las diferencias en el metaconocimiento del ámbito cotidiano y el científico, tal y como las plantean Reif y Larkin.

Tanto las finalidades como los requerimientos cognitivos tienen características diferenciales en los dos ámbitos señalados. Tras un detenido análisis comparativo de las exigencias de cada ámbito, Reif y Larkin señalan que muchas de las dificultades que hoy se encuentran en el aprendizaje y enseñanza de las ciencias se producen porque:

- a) los alumnos importan, "traducen" (en términos de Berger y Lukman), las finalidades y recursos cognitivos del conocimiento de sentido común que emplean en la vida cotidiana, al ámbito científico; y,
- b) el conocimiento científico escolar y sus finalidades difieren, por un lado de la ciencia real y por otro del conocimiento cotidiano, aunque comparte características de ambos. Como resultado, finalidades y recursos cognitivos de la ciencia tienen el riesgo de ser distorsionados en el proceso de enseñanza.

Esta caracterización del pensamiento científico y de sentido común nos sirve para tomar conciencia de las dificultades que supone dar el "salto" de un ámbito al otro, no sólo a los alumnos, sino también a los profesores. Este salto es lo que la didáctica de las ciencias viene denominando como cambio conceptual, y ha sido tipificado de modos diversos que pasamos a analizar.

Tabla 1.1-Comparación esquemática entre el conocimiento científico y cotidiano (Reif y Larkin, 1991)

	Conocimiento cotidiano	Conocimiento científico
Finalidades del área		
<u>Finalidades principales</u>		
Finalidad central	Desenvolverse adecuadamente en el propio medio	Óptima predicción y explicación
Finalidad secundaria	Adecuado nivel de predicción y explicación	
Requerimientos	Adecuado nivel de generalización, parquedad, precisión y consistencia	Máxima generalización, parquedad, precisión y consistencia
<u>Resultados de las finalidades</u>		
Comprensión	Pocas inferencias Varias premisas aceptables	Muchas inferencias Premisas bien especificadas
Evaluación de la validez	Moderada importancia Varias premisas aceptables Reglas de inferencia plausibles	Importancia central Premisas basadas en observaciones Reglas de inferencia bien especificadas
Requerimientos cognitivos		
<u>Estructura del conocimiento</u>		
Especificación de los conceptos	Implícito y basada en esquemas	Explícito y basado en reglas
Organización del conocimiento	Localmente coherente Organización asociativa	Globalmente coherente Organización lógica
<u>Métodos</u>		
Resolución de problemas	Inferencias cortas basadas en conocimientos acumulados	Inferencias largas basadas en conocimientos pocos
Tipos de métodos	No-formales	Complementariedad de formales y no formales
<u>Cuestiones de calidad</u>		
Control de calidad	No-formal	Estricto y explícito
Eficiencia	Naturalmente eficiente para tareas diarias	Diseñado para la eficiencia en tareas complejas

3. APRENDIZAJE Y CAMBIO CONCEPTUAL

Desde las perspectivas que acabamos de describir, aprender ciencias supone una reestructuración del pensamiento de sentido común de los alumnos que les permita explicar la realidad natural desde los supuestos del conocimiento científico que quedan apuntados.

Esta reestructuración de las representaciones mentales es lo que se viene denominando en didáctica de las ciencias como "cambio conceptual". Se han llevado a cabo numerosos estudios sobre los tipos de cambios que tienen lugar durante el aprendizaje, buscando orientaciones que permitan mejorar la instrucción y el diseño curricular. *Referiremos en primer lugar las aportaciones sobre el cambio conceptual que han tenido mayor relevancia en la enseñanza de las ciencias, y a continuación señalaremos sus implicaciones didácticas.*

2.1- Perspectivas sobre el cambio conceptual

2.1.1- Modelos más difundidos

El enfoque más popular relativo al desarrollo conceptual en el aprendizaje es el que se fundamenta en los cambios que tienen lugar en la historia de la ciencia, en los periodos de desarrollo y cambio de una teoría. Son varios los autores que adoptan esta perspectiva.

Carey (1985, 1987) interpreta la adquisición del conocimiento científico en los niños como un caso de reestructuración semejante a la que tiene lugar cuando *se produce el cambio de una teoría por otra nueva en la historia de la ciencia. Esto supone, siguiendo las ideas de Kuhn, que se den:*

- > cambios en el ámbito de los fenómenos de que da cuenta la teoría;
- > cambios en la naturaleza de las explicaciones que se consideran aceptables; y
- > cambios en los conceptos centrales de la teoría.

Carey (1985) ilustra un cambio de este tipo analizando las ideas de los niños entre 4 y 10 años sobre los conceptos de ser vivo, animal y planta, así como sobre los procesos biológicos básicos. Analiza las variaciones en dichas concepciones desde los tres puntos anteriores y concluye que en esas edades se produce lo que ella denomina el paso de una "psicología intuitiva" a una "biología intuitiva". Este tipo de cambio que cumple las tres condiciones citadas lo denomina Carey *reestructuración fuerte*, y es el que caracteriza el verdadero cambio conceptual.

Por contraposición, existe también en el aprendizaje un tipo de *reestructuración débil*, típica del cambio que se realiza en los conocimientos que marcan el paso de novicios a expertos en un ámbito determinado. Esta reestructuración no supone -según Carey- un verdadero cambio conceptual, porque sólo implica:

- > nuevas relaciones entre conceptos o esquemas ya existentes, y/o
- > creación de esquemas o conceptos nuevos.

La reestructuración débil de Carey se asemeja a los procesos de agregación y ajuste de esquemas descritos por Rumelhart y Norman (1978), y la fuerte a la que dichos autores denominan reestructuración.

Desde su perspectiva, Carey considera que existen ciertas estructuras cognitivas que actúan como teorías, y que son pocas, mientras que otras estructuras no tienen este carácter. Apunta la posibilidad de que el estado inicial humano se pueda describir como la posesión innata de dos sistemas cognitivos teóricos que nombra como : una física intuitiva y una psicología intuitiva. El desarrollo se considera como la emergencia de nuevos sistemas teóricos a partir de estos dos iniciales. Por contraposición a la posición piagetiana, en la que los cambios en los modos posibles de representación se deben al crecimiento de las capacidades lógicas, la emergencia de las nuevas estructuras teóricas durante el desarrollo se producen por el aumento de los conocimientos en campos concretos.

Los cambios en los conceptos centrales de una teoría, punto clave para la reestructuración fuerte, tienen lugar por diferenciación o fusión de conceptos existentes en la teoría primitiva de la que emerge la nueva y esto lo documenta tanto en la historia de la ciencia (Wiser y Carey, 1983), como en el aprendizaje (Carey, 1987; Smith y col. 1985).

Posner, Stike, Hewson y Gertzog (1982) elaboran un modelo para dar cuenta de los cambios en los conceptos particulares, centrales de la estructura cognitiva. Se basan también en los supuestos de Kuhn, Toulmin y Lakatos. Su modelo, ampliamente difundido, se identifica por las iniciales de sus autores PSHG, y se centra en dos componentes:

- 1º. Condiciones para que se produzca el cambio de un concepto C por otro C'.
- 2º. Contexto en el que se produce y adquiere sentido dicho cambio y que viene determinado por la *ecología conceptual* del sujeto

Las condiciones para que un nuevo concepto C' sustituya a otro C que se posee son:

- a) C' debe ser inteligible al sujeto: esto es que tenga sentido para él;
- b) el nuevo concepto C' debe aparecer, en principio como plausible: es decir que sea consistente con otros conocimientos que se poseen;
- c) C' debe sugerir la posibilidad de explicar lo que C no explicaba y abrir nuevos enfoques;
- d) si todo esto ocurre se llega a la última condición: se produce una insatisfacción con C.

Los aspectos de la *ecología conceptual* que influyen más decisivamente en las condiciones anteriores son:

- a) las anomalías percibidas en una concepción, que producen en el sujeto un conflicto cognitivo que lo prepara para sustituir dicha concepción por otra nueva;
- b) las creencias fundamentales que sobre la ciencia y el conocimiento tiene el sujeto y sus compromisos epistemológicos, especialmente:
 - > Compromisos epistemológicos: son las asunciones del sujeto sobre los ideales explicativos de una materia y sus puntos de vista sobre las características generales del conocimiento.
 - > Creencias y conceptos metafísicos: son los que una persona mantiene en relación a las características del universo natural y a las relaciones de la ciencia con la experiencia cotidiana, así como sobre los conceptos científicos con aspectos metafísicos -inmunes a la refutación empírica- relativos a la naturaleza última del universo.

En un artículo anterior, Hewson (1981) había matizado ciertos aspectos del modelo y señala que el cambio conceptual que produce un aprendizaje significativo

del concepto C' no se identifica siempre con la sustitución de C por C', es decir, con una reestructuración "fuerte" de la estructura conceptual. Incluye también en su denominación de cambio conceptual lo que denomina *captura conceptual* y que supone la reconciliación de C con C' a través de la creación de relaciones nuevas y consistentes que no implican contradicción entre ambas concepciones.

Este último aspecto es similar a la reestructuración débil que Carey no acepta como verdadero cambio conceptual, y a los procesos de agregación y ajuste de esquemas de Norman y Rumelhart.

Es importante tener en cuenta este último modo de describir la adquisición de conocimientos ya que no nos parece plausible, desde nuestra experiencia de enseñantes, que todo el aprendizaje en biología se realice por reestructuración fuerte de esquemas conceptuales teóricos. De hecho, una vez producida la reestructuración que da paso de una psicología intuitiva a una biología intuitiva en los niños de 4 a 10 años, Carey no explica como se sigue avanzando de esta biología intuitiva a la científica. ¿Debemos suponer que todo el aprendizaje de la biología procede en adelante por reestructuraciones fuertes de dominios cada vez más específicos?. Nos inclinamos a pensar que existen campos de la biología que los alumnos aprenden por agregación y ajuste, esto es, reconciliando nuevos conceptos con otros ya conocidos: creando esquemas nuevos y refinando sucesivamente los esquemas.

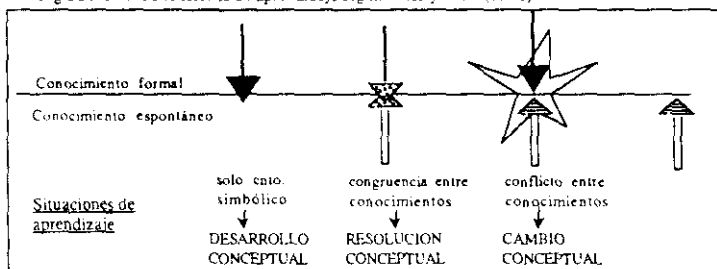
Nussbaum y Novick (1982) y Nussbaum (1989), con planteamientos cercanos al modelo PSHG, señalan que el cambio de una concepción a otra, siendo un proceso racional, no es necesariamente lógico (en el sentido popperiano); se produce de modo gradual, por cambios en conceptos particulares, sin que se den claros estadios intermedios. De hecho, los alumnos pasan por etapas en que mantienen mezclados conceptos de sus ideas intuitivas y de las teorías científicas que se les proponen. Los cambios no se realizan al ritmo de la instrucción, sino que generalmente se producen con retraso.

Proponen que la creación del conflicto conceptual necesario para iniciar el cambio se provoque por vía de fenómenos empíricos discrepantes. Pero, como indica Lakatos, estos experimentos son "cruciales" en el contexto de competición

entre varias teorías o concepciones, y no como contra-evidencia a una teoría en el sentido popperiano.

West (1983, 1986) y Pines y West (1986), junto a otros autores (Brumby y col., 1985), consideran inadecuado el modelo de PSHG, criticándole la excesiva pretensión de racionalidad atribuida al cambio y el olvidar la influencia de aspectos no cognitivos del aprendizaje. Estos autores plantean el cambio conceptual como un caso particular en el proceso de aprendizaje de las ciencias, que simbolizan a partir de la metáfora de las dos vides. Una vid trepadora representa los conocimientos adquiridos de modo espontáneo y otra colgante significa el adquirido por vía formal. El aprendizaje conceptual consiste en la integración de ambas vides, entre las que pueden darse las cuatro situaciones de encuentro representadas gráficamente en el Figura 2.1.

Figura 2.1- Las situaciones de aprendizaje según Pines y West (1986)



- 1^a. En muchas situaciones de aprendizaje lo que la instrucción pretende es que los alumnos aprendan significativamente elencos de conocimientos simbólicos que la ciencia les presenta, estableciendo relaciones de integración y diferenciación entre los nuevos conocimientos y otros igualmente simbólicos, aprendidos en otros momentos. No existen apenas construcciones espontáneas relevantes para el aprendizaje de estos contenidos (por ejemplo, los procesos de la química orgánica). No se puede relacionar por tanto lo que se aprende con la realidad, pero el alumno puede seguir aprendiendo conocimientos simbólicos que más adelante podrá relacionar con ella.

Es útil denominar este proceso o modo de aprendizaje como *desarrollo conceptual*.

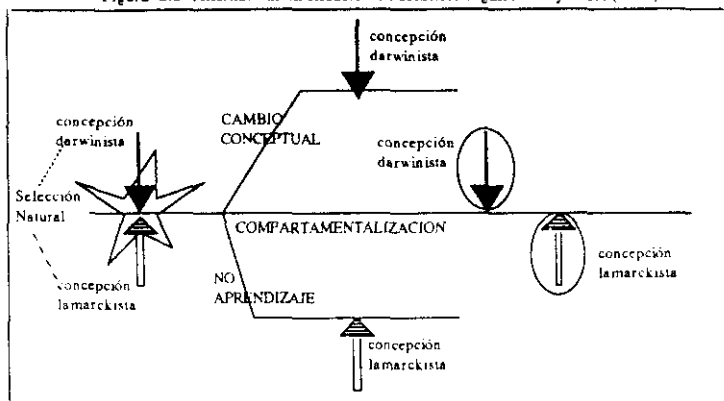
2^a. En otros casos, los conocimientos escolares entran en contacto con los espontáneos y hay que redefinir relaciones, extender el significado de las palabras o resolver conflictos en ramas locales; pero esto se lleva a cabo con no demasiada dificultad, dada la congruencia básica entre los dos tipos de conocimientos y el resultado es una integración cada vez mayor de ambos (por ejemplo el aprendizaje de las plantas con flores). A este tipo de aprendizaje se le denomina *resolución conceptual*.

3^a. Hay ocasiones en que el lenguaje y la realidad entran en conflicto con la propuesta de conocimiento científico y se requiere abandonar uno u otro tipo de conocimiento (por ejemplo, una concepción intuitiva Lamarquista y darwinista de la selección natural). El término requerido para que se dé el aprendizaje científico en esta situación es el de *cambio conceptual*. Resolver estos conflictos es difícil para el alumno, no se realiza en un tiempo corto.

En la situación de conflicto pueden darse al menos tres alternativas, representadas en la Figura 2.2, que desembocan en diferentes reorganizaciones de las ideas de los alumnos. Resultados de este tipo han sido también puestos de manifiesto por Gilbert y col., (1982)

Señalan dichos autores que, a pesar de la semejanza de las situaciones de resolución y cambio conceptual con las descripciones del modelo PSHG de captura y cambio conceptual, la correspondencia no es exacta. En su caso estas situaciones derivan del análisis de dos tipos de aprendizaje, según su naturaleza y origen, y aparece además un tercer tipo que no supone captura ni cambio conceptual. Esto les permite asociar las ideas de los alumnos con los diferentes tipos de situaciones de aprendizaje, iluminar sus causas, y sugerir los recursos de instrucción más adecuados. Sin estas referencias, las investigaciones sobre las ideas de los alumnos serán, en opinión de estos autores, más perjudiciales que beneficiosas.

Figura 2.2- Alternativas en situación de conflicto según Pines y West (1986)



2.1.2- Límites de los modelos

De la exposición de los modelos anteriores se desprenden al menos dos aspectos que marcan ciertos límites a los mismos.

- El primero se refiere a su naturaleza descriptiva. Las propuestas describen las condiciones o situaciones en que se producen cambios en los conocimientos, pero no explican los mecanismos por los que se llevan a cabo.
- El segundo hace relación al ámbito estrictamente conceptual del cambio.

Dejamos el primer aspecto para el apartado siguiente para abordar ahora el segundo.

Desde una perspectiva epistemológica amplia, como la planteada por ejemplo por Reif y Larking (1991), los cambios en la estructura conceptual de un ámbito determinado están condicionados por aspectos metacognitivos relativos a la comprensión que los alumnos tengan de las finalidades y recursos cognitivos pertinentes a dicho ámbito. Aunque la influencia de estos factores en el cambio conceptual está indicada en el modelo PSHG, en la práctica, las estrategias de instrucción se organizan para producir insatisfacción con los conceptos específicos

que se poseen, de modo que se dé la necesidad de un cambio en dichos conocimientos.

Esta parcialidad del modelo lo ha hecho inválido para algunos autores que argumentan que no aborda los cambios necesarios en la metodología científica (Gil y Carrascosa, 1985), o que no da cuenta de qué factores psicológicos conducen al cambio de concepciones y cuales a la estabilidad de las mismas (Hashweh, 1986).

Duschl y Gitomer (1991) señalan que la limitación fundamental de modelos que, como el PSHG, están basados en Kuhn y Lakatos, es el partir de una concepción jerárquica de justificación del conocimiento. Esto es, suponer que los cambios en los conceptos centrales de una teoría conllevan simultáneamente cambios en otros compromisos ontológicos, metodológicos y axiológicos del marco conceptual. A esta concepción holista del cambio contraponen una perspectiva de cambio fraccionado (*piecemeal*) basada en las ideas de Laudan (1984).

Para Laudan, los cambios en los supuestos teóricos, metodológicos y axiológicos (finalidades) de una teoría pueden ocurrir, y de hecho ocurren separadamente y en tiempos mutuamente exclusivos. Por tanto, en la práctica, no se puede centrar todo el esfuerzo en provocar cambios en los conocimientos teóricos, sino que se deben procurar cambios igualmente importantes en lo que concierne a métodos y finalidades del área.

Duschl y Gitomer señalan, además, que esta nueva perspectiva del cambio debe integrar lo que denominan "la cultura del aula", esto es, otros aspectos epistemológicos además de los científicos, como son las asunciones sobre el aprendizaje del profesor y alumnado, las relaciones en el aula, etc. Todos ellos son aspectos que gravitan fuertemente sobre el aprendizaje.

Reconocer la importancia de los aspectos que influyen en el cambio conceptual desde una perspectiva epistemológica amplia no es difícil. Lo que resulta problemático en la práctica y en la investigación es poder controlarlos. Mientras que los aspectos relativos a los conocimientos específicos y su organización son, de algún modo, accesibles al propio sujeto y al profesor, los metacognitivos son más difíciles de explicitar y tipificar; de ahí que el control del cambio se centre en los primeros que, por otro lado, son el objetivo tradicional casi exclusivo de la enseñanza de las ciencias.

No obstante las dificultades anteriores, Hewson y Thorley (1989) reconocen la necesidad, señalada con intensidad en investigaciones recientes (Hawkins y Pea, 1987; Butler y Linn, 1991; Reif y Larking, 1991; Grosslight y col., 1991), de tener más en cuenta aspectos metacognitivos que afectan las condiciones del cambio conceptual, y ayudar a los alumnos a que sean ellos, en último término, los que controlen los cambios en dichos aspectos.

2.1.3- Mecanismos de reestructuración de los conocimientos

Ir más allá de poner de manifiesto diferentes tipos de reestructuración de los conocimientos supone indagar en los mecanismos que los producen. Se han propuesto algunos mecanismos explicativos, sobre todo desde el campo de la Inteligencia Artificial, pero en relación a nuestro trabajo nos resulta pertinente nombrar dos: la diferenciación y fusión de conceptos (Carey, 1985, 1987, Smith y col., 1985) y el uso de analogías (Vosniadou, 1989).

La diferenciación y fusión de conceptos en el marco del cambio de teoría propuesto por Carey es considerada por Vosniadou y Brewer (1987) como una descripción de los cambios acontecidos, más que una explicación de cómo tienen lugar dichos procesos.

El proceso de razonamiento *analógico* se considera como uno de los mecanismos que pueden provocar el enriquecimiento, modificación o reestructuración radical de los conocimientos que se poseen. La característica básica del razonamiento analógico, según Vosniadou (1989), es cierto reconocimiento de la *similitud estructural* entre dos sistemas. El mecanismo sobre el que opera y sus características se explica a continuación de modo sintético

Un problema sobre el sistema X, poco conocido, se resuelve de modo siguiente:

- 1- Se recuerda un sistema "fuente" Y, que es similar a X de algún modo.
- 2- Se establece una *estructura relacional* de Y a X.
- 3- Se evalúa la aplicabilidad de esta estructura relacional para X.

La similitud estructural que se requiere percibir no se refiere necesariamente al reconocimiento de que ambos sistemas tengan una estructura explicativa

similar; basta que esta similitud se refiera a propiedades relacionales, abstractas o conceptuales, con la condición de que sean propiedades notables en relación a las representaciones que poseen los sujetos de ambos sistemas.

La notoriedad en la similitud de una propiedad puede cambiar en el proceso de adquisición de los conocimientos. De hecho, numerosas investigaciones ponen de manifiesto que los juicios de similitud que realizan niños y jóvenes (Carey, 1985) o novatos y expertos (Chi y col., 1981) son diferentes.

En general, la mayor familiaridad con los sistemas X e Y conlleva la posibilidad de lograr representaciones adecuadas de ambos, y por tanto de percibir la similitud estructural y establecer una estructura relacional relevante entre ambos. Otras veces, cuando la familiaridad es menor, las representaciones y relaciones se logran por inferencia de otros conocimientos que se poseen, siempre y cuando no entren en contradicción con la estructura cognitiva básica.

Esta última situación se ha comprobado en los niños que crean estructuras relacionales entre dos sistemas - uno F familiar y otro D desconocido-, e incluso van más allá de la información dada, para realizar inferencias correctas o incorrectas sobre lo desconocido, basadas en sus conocimientos de lo familiar. Por ejemplo: cuando se les dice a los niños que las células blancas de la sangre (D) son como soldados (F), infieren que estas células pueden morir por la infección, que son buenas y los gérmenes malos, que matan a los gérmenes, etc, pero no infieren, por ejemplo, que tales células llevan uniformes y armas. Aunque muchas de las transferencias sean claramente inapropiadas, demuestran la propensión de los niños a transferir información relacional del sistema que conocen, cuando esta información no entra en contradicción con lo que creen del sistema menos conocido.

El razonamiento analógico está, por tanto, muy limitado por la información que el sujeto tiene en su estructura mental. Lo que se desarrolla no es la habilidad de realizar razonamientos analógicos "per se", sino el contenido y la organización de la estructura mental sobre el que se aplica dicho razonamiento. Cuando más rica y estructurada es la representación mental que uno posee de un sistema, más fácil es ver similitudes estructurales con otros sistemas y mayor es la posibilidad de establecer analogías productivas.

2.2- Implicaciones para la enseñanza

La consideración de que el aprendizaje es un proceso constructivo que supone una reestructuración (fuerte o débil) de los conocimientos previos, o el desarrollo de nuevas estructuras, ha impulsado, en primer lugar, la búsqueda de modelos de instrucción que propicien dichos cambios; en segundo lugar, el desarrollo de propuestas y materiales curriculares; y sobre todo, está favoreciendo una concepción diferente de los roles del profesor durante el proceso de enseñanza aprendizaje.

2.2.1-Modelos de instrucción

Se han descrito una serie de modelos de secuencias de instrucción que, empleando estrategias diversas, tienen una estructura común. Todos pueden referirse a un proceso tri-fásico con las características generales siguientes (Serrano, 1988):

Fase primera: de concientización, tiene como finalidad la exploración y articulación de las ideas de los alumnos de modo que sean conscientes de sus puntos de vista personales y de los de otros compañeros, en relación al tema en cuestión.

Fase segunda: de desequilibrio, se propone crear algún tipo de conflicto cognitivo que propicie la no satisfacción con las ideas que mantienen, y se provoque así la necesidad de una reestructuración de las mismas; o bien se orienta a establecer diferentes tipos de relaciones de integración, diferenciación, ajuste, etc., entre las nociones existentes y las nuevas.

Fase tercera: orientada a completar las modificaciones, acomodar las nuevas ideas en la estructura cognitiva y aplicarlas en diferentes contextos.

Los autores más comprometidos con el cambio conceptual como reestructuración fuerte se centran en promover, en la segunda fase, un conflicto cognitivo como paso necesario para el cambio; otros autores dejan más abierta la fase segunda del proceso, sin reducirla al conflicto como único modo de modificar los conocimientos existentes (Cuadro 2.1). Lo que siempre es fundamental en cualquier modelo es el reconocimiento del papel central que tienen las ideas de los alumnos en la construcción de nuevos aprendizajes.

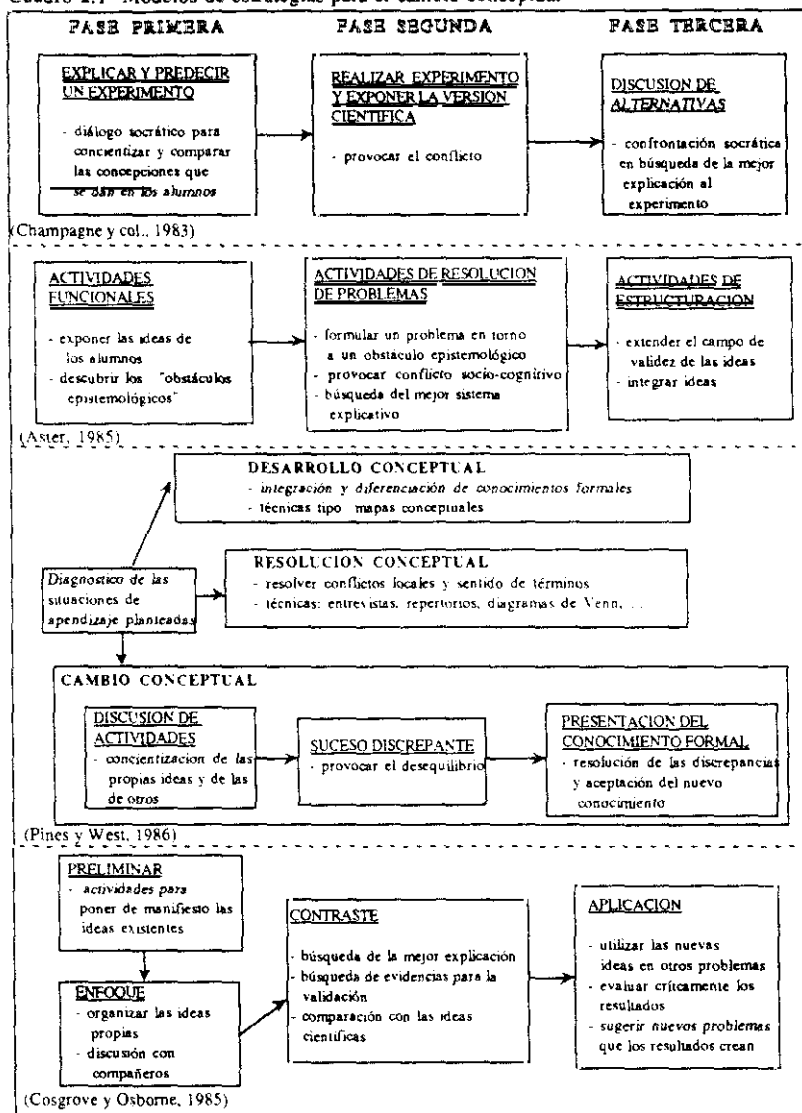
Para el profesor es importante conocer las ideas de los alumnos porque, dependiendo del tipo de modificación que estas requieran, unas estrategias son más oportunas que otras.

Vosniadou y Brewer (1987), Pines y West (1985), señalan que cuando las representaciones de los alumnos sobre un tema no entran en contradicción radical con la propuesta escolar, las estrategias más adecuadas para el aprendizaje son las que propician el establecimiento de nuevas, más ricas y más refinadas relaciones entre los conocimientos nuevos y los ya existentes. En este caso es importante organizar la instrucción partiendo de las representaciones que tienen los alumnos.

Sin embargo, debido a que no está claro cuál es el papel del conocimiento previo en la reestructuración radical del mismo, los mismos autores se interrogan sobre la oportunidad de diseñar la instrucción en estos casos a partir de las representaciones que poseen los alumnos. Otras posiciones, por el contrario, señalan la importancia de hacer explícitas estas representaciones para poder confrontarlas a través de experiencias discrepantes (Nussbaum y Novick, 1982), diálogo socrático (Champagne y col., 1983), resolución de problemas (ASTER, 1985), u otras estrategias que pongan de manifiesto la inadecuación de tales concepciones para dar cuenta de ciertos fenómenos.

Para los alumnos, hacer explícitos y articular sus conocimientos es importante porque, en último término, sólo cada persona puede controlar y dirigir su proceso de construcción de conocimientos, y desde la perspectiva social, el comunicar y debatir las ideas personales es uno de los requisitos por los que los significados llegan a compartirse.

Cuadro 2.1- Modelos de estrategias para el cambio conceptual



2.2.2- Desarrollo curricular

No son muchos los grupos que, a niveles formales, estén implicados en el desarrollo de propuestas curriculares acordes con los planteamientos constructivistas. Las más difundidas son las unidades producidas por el Proyecto CLISP (Children Learning in Science Project) con sede en la universidad británica de Leeds y dirigido por Rosalyn Driver, y los materiales del proyecto Learning in Science, de la universidad de Waikato, en Nueva Zelanda, llevado a cabo por un equipo entre los que se cuentan los citados: Tasker, Freiberg, Osborne, Bell y Cosgrove. En nuestro país son numerosos los grupos de profesores que en estos años están iniciando el desarrollo de materiales curriculares desde posiciones constructivistas.

Las evaluaciones, tanto de materiales como de modelos de instrucción, es aún muy puntual, y no tenemos referencias para valorar el impacto y los cambios en el aprendizaje de las ciencias a más largo plazo, que un planteamiento curricular desde esta perspectiva pueda producir.

2.2.3- El profesor de ciencias

La ciencia de los profesores. La existencia de marcos alternativos o la persistencia de un modo de pensamiento intuitivo, no se reduce a las poblaciones de alumnos. Existen estudios que ponen de manifiesto que, en ocasiones, también las ideas de los profesores difieren de las propuestas por la ciencia (Osborne y Tasker, 1985; Jimenez Aleixandre, 1986). Los programas de ciencias incluyen una gran variedad de temas y no siempre un profesor tiene la misma familiaridad, interés o inclinación por todos ellos. Esto implica que, aún de modo inconsciente, existan conceptos, o relaciones entre ellos que están poco claros en el profesor. Nosotros hemos tenido oportunidades de comprobarlo en relación a aspectos de la nutrición vegetal, el sistema nervioso y la propagación de la luz. Esta ambigüedad tiene efectos negativos en la instrucción, no tanto por lo que se explicita a los alumnos, sino por lo que se obvia.

Las funciones del profesor. Un enfoque constructivista de la enseñanza supone reformular algunas de las funciones clásicas del profesor, así como incorporar alguna otra. Osborne y Freiberg (1985) han resumido en seis aspectos

los roles del profesor desde esta nueva perspectiva(*): motivador, diagnosticador, guía, innovador, experimentador e investigador. Nos interesa destacar especialmente la reformulación de las funciones de diagnosticador, guía y experimentador, en relación al desarrollo conceptual.

- > *El profesor como diagnosticador.* Se refiere a la habilidad del profesorado para detectar, no sólo las respuestas erróneas de los alumnos en la clase o en exámenes, sino los marcos de referencia desde los que se generan dichas respuestas.
- > *El profesor como guía.* Hay dos aspectos importantes en que los alumnos necesitan la guía del profesor:
 - a) cómo tratar la información de modo útil. En este aspecto es importante que el profesor les ayude a detectar contradicciones en su razonamiento, estimule la apertura a considerar otros puntos de vista, y ponga de manifiesto el exceso de generalización sin base empírica;
 - b) ayuda en el establecimiento de relaciones entre las nuevas informaciones y los aspectos significativos de lo que ya conocen.
- > *El profesor como experimentador* hace relación, para Osborne y Freiberg, a enfoques en la evaluación del aprendizaje. Creemos que tiene también otra lectura. Se refiere a la actitud de considerar las actividades y estrategias planificadas para una secuencia de aprendizaje como una "hipótesis de trabajo" que se pone a prueba. Con frecuencia, los profesores trabajan con planes predeterminados de instrucción que no admiten reformulaciones sustanciales, aún cuando se obtienen resultados de aprendizaje muy distantes de los propuestos.

(*) Estas funciones están aquí restringidas al ámbito de la instrucción, y más aún, a los aspectos cognitivos del aprendizaje.

3. LA CONSTRUCCION DEL CONOCIMIENTO BIOLOGICO

De las bibliografías especializadas sobre el tema de las ideas de los alumnos, las elaboradas en el IPN de Kiel (Pfundi & Duit Edts. 1988, 1991) son posiblemente de las más difundidas. Esta publicación nos proporciona un buen acercamiento al estado de la cuestión en investigación y pone de manifiesto los siguientes aspectos que nos interesa destacar ahora.

En primer lugar, el aumento de las investigaciones sobre las ideas de los alumnos en biología en los últimos 10 años. Entre los años 70 al 82 se registran un total de 46 artículos sobre las ideas de los alumnos en diversos campos de la biología, y 5 sobre la instrucción teniendo en cuenta las ideas de los alumnos. Del año 83 al 90 se registran 132 referencias sobre las ideas de los alumnos y 30 sobre sus implicaciones en la instrucción.

Los temas más trabajados en biología sobre las ideas de los alumnos corresponden (según un análisis realizado por Wandersee y Mintzes (1987) cuando tenían localizados 103 trabajos), al orden siguiente: en primer lugar, la continuidad biológica (reproducción, genética, evolución); en segundo, los estudios relativos a plantas (especialmente la fotosíntesis) y animales; a continuación, los referidos a los conceptos de muerte y vida; en cuarto lugar, diversos aspectos del cuerpo humano. Hay además un grupo de trabajos que incluyen una gran diversidad de temas biológicos, que representa un poco más del 25% del total en esas fechas. Las tendencias actualmente parecen seguir siendo las mismas, en términos generales.

Atendiendo a la finalidad de los trabajos podemos categorizarlos en dos grupos:

- a) Estudios orientados a poner de manifiesto las concepciones de los alumnos relativas a unos temas determinados, en cierto nivel escolar. Suelen hacer referencia a la instrucción y su influencia en producir los aprendizajes deseados. Denominamos este enfoque como descripción del conocimiento biológico.

- b) Otros estudios buscan poner de manifiesto tendencias evolutivas en el desarrollo conceptual de ciertos temas a través de varios niveles escolares. La instrucción no es, por lo general, objeto directo de análisis. Denominamos este enfoque como evolución del desarrollo de conceptos biológicos.

No es nuestro objetivo realizar un análisis detallado de las aportaciones en cada uno de los campos anteriores, nos limitaremos a poner de manifiesto las conclusiones generales que se desprenden de los mismos en relación al aprendizaje conceptual en biología.

3.1- Descripción del conocimiento biológico

Varios campos de las ciencias naturales han sido estudiados desde la perspectiva de la descripción de los conocimientos conceptuales. Por ejemplo:

- La selección natural ha sido investigada en alumnos de edades y países diferentes por Deadman (1976), Brumby (1979, 1981, 1984), Clough y Wood-Robinson (1985), Clough y Driver (1986), Jimenez Aleixandre (1989).
- Diversos aspectos de la nutrición de las plantas han sido estudiados por: Simpson y Arnold (1982), Smith y Anderson (1984), Astudillo y Gené (1982, 1984), Rumelhart (1985), Stavy y col. (1987), Barker y Carr (1989, a y b), Cañal (1990).
- Otros trabajos realizados: Brumby (1982) y Stepan (1985) estudian las concepciones de alumnos universitarios y de 5º de primaria, respectivamente, sobre el concepto de vida; Ryman (1974) lo hace sobre la clasificación animal; Bell y col. (1982) refieren las ideas de estudiantes sobre el concepto de animal; Dreyfus y col. (1988) sobre la célula; Dreyfus y col. (1990) analizan la posibilidad y resultados de la creación de conflictos conceptuales para provocar el cambio conceptual; y, como veremos más adelante, otros trabajos refieren las representaciones de los estudiantes sobre el cuerpo humano.

Todos estos estudios ponen de manifiesto una serie de aspectos relativos a las características del conocimiento de conceptos científicos de los alumnos, y a la

influencia o condiciones de la instrucción. Las conclusiones más consensuadas se expresan en los términos siguientes:

En relación a las ideas de los alumnos:

- Los alumnos de edades muy variadas llegan a la instrucción con ideas sobre los fenómenos biológicos, o significados de términos, que difieren de las propuestas de la ciencia escolar.
- La naturaleza de las ideas previas de los alumnos es diversa, atendiendo a su origen.
- Algunas ideas de los alumnos recuerdan las mantenidas por la comunidad científica en algún momento de la historia.
- En algunos campos, las representaciones de los estudiantes se describen como estructuras conceptuales con cierto nivel de coherencia, no parecen ser ideas inconexas.
- Tanto antes como después de la instrucción, los alumnos tienen conocimientos que, siendo básicamente correctos, están incorrectamente relacionados entre ellos.

En relación a la instrucción:

- Cuando las ideas previas de los alumnos no son tenidas en cuenta por la instrucción, no se producen cambios significativos -en la medida deseada- en las mismas.
- Las estrategias de instrucción diseñadas teniendo en cuenta las concepciones iniciales de los alumnos producen cambios conceptuales más significativos en las mismas, pero aún así, los resultados no parecen cubrir siempre las expectativas iniciales.
- Tener en cuenta la naturaleza de las ideas de los alumnos es una referencia indicativa de las dificultades que pueden encontrarse cuando se planifican estrategias de cambio conceptual orientadas a crear conflictos cognitivos.
- La creación de conflictos conceptuales significativos puede no depender tan sólo de factores cognitivos; hay factores afectivos que influyen.
- La instrucción, aún cuando logra cambios significativos en las concepciones de los alumnos, también genera nuevas ideas poco correctas desde el punto de vista de la ciencia.
- El grado de preparación y compromiso que el profesor/profesora tiene en relación a las estrategias orientadas al cambio conceptual, parece ser un factor que influye decisivamente en el rendimiento de este enfoque instructivo.

3.2- Desarrollo evolutivo de conceptos biológicos

Desde la perspectiva del desarrollo evolutivo hay dos orientaciones en los trabajos relativos al conocimiento biológico. Un primer tipo describe la evolución de aspectos conceptuales concretos. Suelen ser estudios con muestras de edades diferentes, y, aunque la amplitud de los intervalos es muy variable, su objetivo específico es poner de manifiesto tendencias evolutivas. Un segundo tipo de estudios, más escasos, se plantean el objetivo de explicar cómo se lleva a cabo la construcción del conocimiento biológico en términos generales. Este segundo tipo coincide en gran parte con estudios ya analizados que se plantean el desarrollo del conocimiento científico en general, pero hacen alusiones directas a los conocimientos biológicos.

3.2.1- Evolución de aspectos conceptuales específicos

Existen trabajos que se plantean conocer cómo evolucionan determinados conceptos biológicos con la edad. Por ejemplo, además de los relativos a aspectos del cuerpo humano que serán objeto de una revisión más detallada con posterioridad, podemos citar:

- En relación a la fotosíntesis, Wandersee (1986), se plantea la relación entre el desarrollo conceptual de los estudiantes referido a la fotosíntesis y la historia de dicho campo en la ciencia; y Cañal (1990), describe su evolución en alumnos de cuarto a octavo de EGB.
- Trowbridge y Mintzes (1989), examinan las concepciones alternativas sobre la clasificación animal en los niveles de primaria, secundaria y universitario.
- Lalane (1985) da cuenta del desarrollo del pensamiento infantil sobre las principales funciones de los seres vivos entre los 6 y los 14 años. Describe una serie de estados de equilibrio sucesivos que se dan en los sujetos en relación a los diversos conceptos implicados (respiración, nutrición, movimiento, reproducción, etc.). Estos estados de equilibrio, que denomina *niveles de formulación* de un concepto, son el resultado del encuentro entre un determinado desarrollo

psicogenético del sujeto (en términos piagetianos), y un tratamiento epistemológico de la materia por dicho sujeto.

De estos y otros estudios se desprenden algunas consideraciones relativas a la evolución en la construcción de conceptos biológicos:

- Atendiendo a la evolución de algunos conceptos, aparece un cierto paralelismo entre la construcción histórica y escolar de los mismos. No obstante, esta semejanza hay que leerla con cautela, debido a las grandes diferencias que subyacen en ambos procesos (Saltiel y Viennot, 1985).
- Algunos modos intuitivos de conceptualizar determinados aspectos biológicos aparecen con más frecuencia en unas edades que en otras, pero se encuentran también en cierta proporción en todas las edades.
- Hay conceptualizaciones alternativas que, con la edad, se van transformando de modo progresivo hacia las concepciones científicas, mientras que otras persisten.
- Estos estudios describen los cambios en el desarrollo evolutivo de las conceptualizaciones de los estudiantes, pero, salvo algunas interpretaciones de base piagetiana, no se explicitan los factores que originan dichos cambios.

3.2.2- La evolución del conocimiento biológico

En este apartado vamos a referir tres posiciones relativas a la construcción de los conocimientos biológicos. No son comparables entre sí porque, al menos en dos de ellas, sus representantes se sitúan claramente en perspectivas distintas para reflexionar sobre el tema. La primera posición está representada por Susan Carey (USA) que se plantea la emergencia de una "biología intuitiva" en los niños, en torno a los 10 años; busca explicaciones a los cambios conceptuales a nivel de estructuras mentales. Una segunda posición, la de Anton Lawson (USA), cuestiona las interpretaciones de las investigaciones sobre las ideas biológicas de los niños y se sitúa con cierto escepticismo frente a la existencia de "teorías intuitivas" en los estudiantes. Finalmente, el equipo ASTER (del INRP francés), se sitúa ante el aprendizaje conceptual desde las condiciones que lo facilitan en el contexto escolar, sin centrarse en los mecanismos que lo rigen a nivel de estructuras mentales.

Susan Carey: la biología intuitiva como teoría infantil

Ya quedó expuesta con anterioridad la posición de esta autora en relación al desarrollo de los conocimientos, como la emergencia de nuevas "teorías" por reestructuración radical de "teorías" previamente mantenidas. Este tipo de cambio conceptual viene caracterizado, principalmente por los cambios en los conceptos centrales de la teoría.

Carey (1985) describe extensamente cómo en los niños, entre los 4 y 10 años, se produce un tipo de cambio que da paso a la emergencia de una biología intuitiva desde una psicología intuitiva. La justificación de este cambio lo centra en poner de manifiesto las diferencias en los conceptos centrales de la nueva biología intuitiva que mantiene los niños de 10 años en adelante, respecto de los mismos o semejantes conceptos en los niños más pequeños. Los conceptos centrales de la emergente biología intuitiva son: ser vivo, animal, planta, persona (como conceptos ontológicos), y las diferentes clases de animales (como clases naturales). Los cambios en estos conceptos se resumen del modo siguiente.

Ser vivo. No existe en los niños pequeños ningún concepto que tenga la misma extensión que ser vivo tiene en adultos, esto es la conjunción de animales y plantas en una sola categoría. Para los más pequeños, las plantas no son seres vivos, ni les atribuyen las funciones de éstos; en estas edades el contraste es entre *vivo* y *muerto* (sin que "muerto" signifique cese de actividad biológica), no entre *vivo* e *inanimado*. En torno a los 10 años, los niños han adquirido un concepto de ser vivo con la misma extensión que los adultos

Animal. Este concepto existe en los niños y desde muy pequeños atribuyen a los animales propiedades que no atribuyen a objetos inanimados, aunque se les parezcan. Pero, animal, no funciona en el pensamiento de los niños pequeños como en el de los 10 años: a diferencia de estos últimos, los primeros no son conscientes de que todos los animales comen, respiran, se reproducen, etc. Es decir son dos conceptos diferentes con la misma extensión. Para los niños, animales son seres que se comportan de un modo determinado, mientras que a partir de los 10 años son considerados, además, como seres biológicos

Persona. Los niños tienen un concepto con la misma extensión que los adultos que se proyecta en los términos "persona" y "gente". Sin embargo se dan cambios

importantes entre los 4 y 10 años. En los niños pequeños, las relaciones entre los conceptos *gente-animales* es muy compleja; por un lado no reconocen a la "gente" como "animal", y por otro lado "la persona" (en sentido biológico) es el animal prototípico para los niños. A partir de los 10 años, comienzan a ver al hombre como un mamífero entre otros.

Animales y plantas individuales (clases naturales). Los niños más pequeños determinan la pertenencia a una clase por las apariencias y comportamientos de los ejemplares. A partir de los 9/10 años dicha pertenencia se determina por características biológicas más profundas.

Otra de las características que da cuenta de estos cambios producidos en la estructura conceptual, es el modo en que se procesa la información cuando se utilizan modelos de proyección inductiva. Los niños más pequeños atribuyen propiedades a otros seres proyectando sus conocimientos de la gente en ellos; según la semejanza que juzguen existe entre ambos, les atribuyen o no determinadas características que conocen en las personas. A partir de los 10 años, los niños se apoyan más en la pertenencia a ciertas categorías. Esto se explica desde la existencia en los mayores de los conceptos superordinados explicitados anteriormente, que no existen como tales en los niños pequeños.

Estos cambios testimonian para Carey la existencia entre los 4 y 10 años de un cambio conceptual que ha supuesto una reestructuración fuerte en una teoría primitiva, para dar paso a esta biología intuitiva. Es intuitiva en el sentido de no ser completamente correcta, pero, por sucesivas reestructuraciones, los estudiantes irán desarrollando nuevas teorías.

El aprendizaje de la biología consiste, por tanto, en un proceso de sucesivas reestructuraciones en las que los conceptos centrales de una estructura conceptual van siendo progresivamente modificados. ¿Cómo se modifican?. La autora señala específicamente mecanismos de diferenciación y/o fusión de conceptos preexistentes, pero, al menos en la obra que venimos citando, no alude a un aspecto que en el campo del aprendizaje escolar se considera central para que se provoquen dichos cambios: el conflicto cognitivo.

El interés de Carey se centra en describir los cambios, sin que entre en cuestiones relativas a la intervención didáctica en el aprendizaje escolar. No

obstante, sus planteamientos subyacen en las interpretaciones de las ideas de los estudiantes como "marcos alternativos" (estructuras coherentes estables) y en los modelos didácticos que se plantean el cambio conceptual desde perspectivas epistemológicas kuhnianas.

Anton Lawson: ¿teorías intuitivas o tabula rasa?

Lawson (1988) se cuestiona que la adquisición de los primeros conocimientos biológicos siga el patrón: construcción espontánea de teorías intuitivas y conflicto cognitivo. No le parece aceptable la tesis de que los niños construyan "marcos alternativos fuertemente arraigados" relativos a fenómenos biológicos de los que no tienen experiencia directa. Defiende su posición en un trabajo en el que analiza las ideas de tres niños de 6, 9 y 11 años sobre 10 temas de biología considerados de importancia por el profesorado, y concluye:

"El conocimiento biológico declarativo parece proceder (en los niños) a partir de un estado predominante de "tabula rasa", hacia un cuadro progresivamente más complejo, por acumulación de conocimiento dogmático, derivado principalmente de fuentes autoritarias (libros, adultos, TV). Existe poca evidencia para mantener el punto de vista de que el proceso de adquisición del conocimiento consista en la construcción de teorías intuitivas y conflicto cognitivo."

Como consecuencia, la instrucción no debe planificarse desde la perspectiva del conflicto cognitivo y el cambio conceptual, sino desde una posición de transmisión de conocimientos y evaluación de hipótesis alternativas que se plantean a los alumnos.

Este trabajo de Lawson levantó una fuerte discusión, canalizada por dos de las revistas de mayor difusión en el ámbito de la didáctica de las ciencias, a través de una serie de críticas al trabajo y contra-réplicas del autor (en el número de Enero de 1992 de *Science Education* aún aparece una réplica al citado trabajo).

Mintzes (1989) critica a Lawson aduciendo que ataca a un "hombre de paja", ya que al centrarse en las teorías espontáneas de niños, ignora las que emergen posteriormente. Acogiéndose a la teoría de Carey (a la que Lawson nunca cita) aduce la temprana reestructuración de una biología intuitiva que se transforma en el contexto escolar, acompañada de la emergencia de un vasto repertorio de concepciones alternativas debidas precisamente a la instrucción. La diferencia con

el aprendizaje de la física no estriba, según Mintzes, en que en esta construyan teorías intuitivas y en biología no, sino en el ritmo y temporalización del cambio conceptual.

Bloom y Borstad (1990) y Lynthcott y Duschl (1990) señalan la incorrección de la hipótesis de Lawson poniendo de manifiesto la existencia de supuestos teóricos y metodológicos problemáticos. Ponen en cuestión, por un lado, la selección de la muestra y la validez del trabajo en relación al método de la entrevista; y por otro, la dicotomía *tabula rasa*-teoría intuitiva y su concepto del *conocimiento declarativo dogmático*.

Lawson procede a la contra-réplica de cada uno de los autores citados, *desarrollando sus argumentaciones iniciales pertinentes a los aspectos* en cuestión. Al final, mantiene sus posiciones iniciales, pero las reformulaciones sucesivas y las aclaraciones parecen introducir matizaciones en las mismas. En resumen, su postura respecto a la construcción de los conocimientos biológicos se expresa así:

- > No es cierta la consideración de que la mayoría de los cambios necesarios en el aprendizaje de aspectos biológicos requieran una reestructuración fuerte. Esto no implica que algunos cambios no sean de este tipo.
- > Las ideas alternativas de los alumnos *proviene de variedad de fuentes* y estas fuentes pueden condicionar el modo de tratar en el aula dichas ideas alternativas. No todo se puede tratar como "marcos alternativos fuertemente arraigados". Aquí se pueden recordar los resultados de trabajos anteriormente referidos como los de Dreyfus y col. (1990) y Barker y Carr (1989) sobre la creación de conflictos conceptuales en el aula, que soportarían estas tesis de Lawson.
- > No descarta el que los alumnos creen teorías intuitivas. Lo que no acepta es que este sea el único modo de adquirir los conocimientos.
- > Las concepciones personales de los alumnos no son siempre no-científicas.
- > Hay que diferenciar entre teorías alternativas y conocimientos científicamente válidos pero pobremente articulados.

Equipo ASTER: trabajar con y contra las representaciones

Giordan y Vechi (1988) señalan que sus trabajos no se centran en los mecanismos profundos que rigen el aprendizaje, sino en las condiciones que lo facilitan; es decir, en la construcción del conocimiento en el contexto escolar.

Reconocen la existencia e importancia de los conocimientos previos, pero rechazan las posiciones que suponen tanto la "evolución natural" de dichos conocimientos, como la "refutación" sistemática de los mismos, para situarse en una posición que preconiza un tipo de actividad "con y contra" las representaciones.

Señalan que la adquisición de saberes conceptuales, como los biológicos, se construye progresivamente por ampliación conceptual, no por adquisición de simples hechos. Un campo de estudio, aunque parezca bien delimitado, está incluido en un vasto campo conceptual que denominan "aura conceptual", que es una estructura extendida y relativamente vaga, que se manifiesta a menudo en las concepciones personales. No es posible diseñar progresiones lineales para el aprendizaje de los componentes de dicha aura: su estructuración es lenta, progresiva y los conceptos que la constituyen evolucionan de manera conjunta a través de actividades cíclicas progresivas.

El análisis de la adquisición de los conocimientos por los alumnos les llevan a proponer lo que denominan *estadios de integración*. Este constructo, relativo a un tema de estudio determinado, se basa en los "niveles de formulación" que describimos anteriormente al citar a Lalane (1985), pero, en lugar de corresponder a las sucesivas formulaciones de un concepto, tiene en cuenta la progresión del alumno en el aura conceptual. Así:

"Los estudiantes pasan de un estadio de integración a otro cuando el fenómeno estudiado lleva a una formulación un poco más general, o cuando exista la apropiación de una nueva idea (aporte relacionado con uno o más conceptos del aura, y no sólo con el concepto "pivote" definido por el tema). Esto se añadiría pues a la evolución de los niveles de formulación."(p. 203)

Desde esta perspectiva, un alumno puede pasar por diferentes niveles de formulación de un concepto, antes de alcanzar un nuevo estadio de integración, en un proceso de evolución que no suele ser lineal ni simple.

Existen una serie de motores que favorecen esta construcción conceptual entre los que destacan, según el equipo francés:

La curiosidad. Tiene un papel preponderante; sin ella los estudiantes se conforman con lo que saben; cuando no hay verdadera curiosidad se para la construcción del pensamiento. Es responsabilidad del profesor crear, al iniciar un tema, situaciones científicas "molestas" que motiven a los alumnos y transformen su asombro primero en curiosidad activa.

El conflicto cognitivo. Diferencian varias situaciones de conflicto y señalan su función, según se plantee el conflicto en actividades iniciales (funcionales) o en actividades de estructuración. En cualquier caso, la creación del conflicto no puede considerarse como una agresión a las representaciones de los estudiantes; se trata de una fórmula de interacción que se apoya en las distintas concepciones emitidas, las hipótesis adelantadas y los obstáculos encontrados.

El lugar de las representaciones personales. Ligado a la idea anterior, estos autores, más que plantearse las concepciones de los estudiantes en términos de "falsas" y "verdaderas" y de trabajar "contra" o "con" dichas representaciones, prefieren plantearse el tema del campo de validez de una representación.

"Se puede conservar una representación en tanto que permita comprender los fenómenos que se presentan, y en tanto en cuanto esté adaptada a las previsiones, al alcance del que aprende. Cuando alcance su "nivel de ruptura" será el momento de cambiarla." (p. 193)

La utilización de modelos en la enseñanza. Los fenómenos de reestructuración de los conocimientos no pueden llevarse a cabo si no se separan las concepciones de las situaciones que las han hecho surgir, y sin que se produzca una actividad de remodelación que permita generalizar el conocimiento sin banalizarlo. Al mismo tiempo, la apropiación del saber comporta la evolución paralela e integración sucesiva de diversos conceptos. Entre las ayudas didácticas que permiten superar las dificultades en los procesos descritos, Giordan y Vechi proponen la utilización de modelos explicativos. Estos modelos tienen como finalidad apoyar el pensamiento que se está construyendo.

Los modelos se corresponderán con un instrumento de pensamiento que el profesor (o mejor el alumno) podrá producir y hacer funcionar para convertir en significativa una situación y poder realizar previsiones. Esto supone contemplar

modelos mucho más simples, más limitados, pero utilizables directamente por el alumno para reagrupar conocimientos y apoyarse en ellos. En sus propios términos:

"Nuestro propósito es aportar o hacer construir a los que aprenden, en lugar de ciertos productos habituales, más o menos "líoofilizados", que presentan más inconvenientes que ventajas, modelos que se correspondan con una aproximación suficiente, que sean operatorios con relación a un campo de problemas dados, y que estén relacionados con las concepciones previas." (p.221)

PARTÉ II

CUESTIONES A INVESTIGAR

4. OBJETIVOS DEL TRABAJO	71
4.1- ¿Qué interesa investigar?	71
4.2- Objetivos a cubrir	73
4.3- Estructura de la investigación	75
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA: ESTUDIOS SOBRE LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS RELATIVAS AL CUERPO HUMANO	77
5.1- Las ideas de los alumnos sobre el cuerpo humano	77
5.2- Desarrollo de los estudios sobre las ideas de los alumnos y el cuerpo humano	77
5.2.1- Evolución de las investigaciones y tendencias	78
5.2.2- Características metodológicas	83
5.3- El pensamiento de los alumnos sobre el cuerpo humano	87
5.3.1- Trabajos descriptivos de las ideas de los alumnos	87
Las ideas sobre el interior del cuerpo	88
Ideas sobre órganos y sistemas específicos	91
Factores explicativos de las ideas de los alumnos	101
5.3.2- Estudios interpretativos	104
5.3.3- Trabajos orientados a la práctica escolar	111
6. DISEÑO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO	115
6.1- Enfoques metodológicos. Un poco de historia	115
6.2- Tipos de datos requeridos	117
6.3- Instrumentos de recogida de datos	119
6.3.1- Problemas de instrumentación	119
6.3.2- Estrategias para la recogida de datos	122
6.4- Muestra seleccionada	127
6.4 - Método de análisis	131
6.4.1- Análisis con redes sistémicas	132
6.4.2- De las entrevistas a las redes	136
6.5- Límites de esta investigación	147

4. OBJETIVOS DEL TRABAJO

Cómo quedó indicado en la introducción, la finalidad de este trabajo es describir la génesis y evolución de los conocimientos relativos al SN humano durante la etapa de la escolaridad obligatoria. Esta descripción se encuadra en el marco de los conocimientos de los alumnos relativos al cuerpo humano, y tiene en cuenta el momento en que interviene la instrucción formal sobre el SN.

Conviene dar una forma más operativa a esta finalidad para guiar el diseño de la investigación. Lawson (1989) señala la falta de corrección al denominar "hipótesis" a los supuestos de partida de investigaciones que no buscan el establecimiento de relaciones causales. Siendo nuestro trabajo de carácter esencialmente descriptivo, seguimos la argumentación de Lawson y no nos planteamos hipótesis de trabajo, sino que señalaremos una serie de objetivos a cubrir y, en cada uno de ellos, delimitaremos unas cuestiones centrales.

En este capítulo referimos los objetivos de toda la investigación: más adelante, al iniciar cada uno de los dos estudios que componen este trabajo (Partes III y IV), retomaremos los objetivos y cuestiones pertinentes a cada uno de ellos. Hacemos en primer lugar un recorrido sintético por los aspectos que interesa destacar en el trabajo.

4.1.- ¿Qué interesa investigar?

En primer lugar, nos interesa poner de manifiesto cuál es el estado inicial de las ideas de los niños sobre el interior de su cuerpo antes del comienzo de la escolaridad obligatoria: esto es en edad preescolar. Queremos también conocer las ideas de estos mismos niños cuando, dos años y medio más tarde, están en 3º de EGB y "estudian" por vez primera algo del interior del cuerpo. En el conjunto de estas ideas sobre el cuerpo, nos interesa rastrear las primeras conceptualizaciones sobre el cerebro y los nervios.

Si los aspectos anteriores representan lo que podemos denominar primera evolución de las ideas sobre el interior del cuerpo humano, cuando apenas ha mediado instrucción formal sobre el tema, nos interesa conocer una segunda evolución de dichas ideas, cuando ya los alumnos han recibido varios años de instrucción formal sobre el cuerpo humano y su funcionamiento. Como nuestro interés se refiere a las ideas sobre el SN pero en el contexto global del cuerpo, decidimos centrar nuestra investigación en este sistema, y documentar en la literatura existente el resto de los aspectos corporales. De aquí que el segundo estudio que nos planteamos se refiera a la evolución que experimentan los conocimientos sobre el SN, cuando ya los estudiantes conocen más cosas sobre el interior del cuerpo, pero no han abordado formalmente este sistema. Este momento corresponde a 7º de EGB. También nos interesaba ver qué efectos producía la instrucción formal sobre las ideas que sobre el SN se habían ido formando los estudiantes.

El análisis de la instrucción sobre el SN y de las interacciones durante la misma, queda fuera de la amplitud señalada para el trabajo; sin embargo, nos ha parecido de interés poner de manifiesto algunas características de la misma que puedan aclarar las ideas post-instrucción de los estudiantes.

Por último, restaba un aspecto *interpretativo* importante: una vez obtenidas las descripciones de las ideas de los alumnos, ¿podrían interpretarse coherentemente con alguno de los modelos elaborados por la ciencia cognitiva?. La importancia de este aspecto interpretativo radica, como veremos más adelante, en la escasez de estudios que aborden la dimensión interpretativa desde la perspectiva de la coherencia interna del pensamiento de los sujetos; en general, los estudios existentes tienden a comparar las ideas de los alumnos con el patrón científico.

De las posibilidades que nos brinda la ciencia cognitiva, la perspectiva de los modelos mentales nos pareció la más fructífera para abordar la citada dimensión interpretativa.

Los objetivos siguientes operativizan los puntos anteriores.

4.2- Objetivos a cubrir

Objetivo 1º. Describir las ideas de los niños relativas al interior del cuerpo humano, antes de iniciar la escolaridad obligatoria. Este objetivo plantea los interrogantes siguientes:

- a. ¿Qué piensan los niños que hay en el interior del cuerpo?
- b. ¿Qué características (materiales y funcionales) atribuyen al contenido del cuerpo?
- c. ¿Tienen alguna concepción que se pueda considerar "embrionaria" de lo que en la instrucción se presenta como SN?

Objetivo 2º. Analizar qué tipos de razones dan los preescolares para explicar actividades corporales básicas. Se pretende poner de manifiesto si los niños refieren estas actividades en términos biológicos (de partes corporales y mecanismos), o en términos psicológicos (recurren a comportamientos, deseos, etc.. personales), como indica Carey. Se trata de responder a las preguntas:

- d. ¿Cómo explican los niños acciones relativas a los sentidos y al movimiento?
- e. ¿Qué explicaciones dan para actos mentales y sentimientos?

Objetivo 3º. Describir las ideas de los niños sobre el cuerpo humano cuando están en 3º de EGB. Los interrogantes a responder son:

- f. Si hay aumento de conocimientos sobre el cuerpo humano en relación a preescolar, ¿se refiere únicamente a los que presenta la instrucción o también a otros?
- g. Si hay cambios en sus ideas respecto a preescolar, ¿cómo son estos cambios?

Objetivo 4º. Analizar cómo dan cuenta los niños de 3º de las mismas actividades que se indagaron cuando eran preescolares. Las cuestiones a resolver se refieren:

- h. ¿Cómo explican los niños actividades sensitivas, motoras y afectivas antes de estudiar los temas relativos a los sentidos y el aparato locomotor?
- i. ¿Cómo influye la información que les proporciona la instrucción en las explicaciones anteriores?

Objetivo 5º. Describir las ideas de los alumnos de 7º de EGB sobre el SN, antes de la instrucción formal sobre el mismo. Esta descripción deberá responder a las cuestiones siguientes:

- j. ¿Cuales son las ideas de estos estudiantes sobre el cerebro, los nervios y sus actividades?
- k. Los conocimientos sobre el cuerpo humano adquiridos en los cursos anteriores, ¿parecen influir en la conceptualización actual sobre el SN? ¿En qué modo?

Objetivo 6º. Analizar la influencia de la instrucción sobre el SN en las ideas de los estudiantes de 8º de EGB. Para ello hay que buscar respuestas a las preguntas:

- l. ¿Qué cambios se producen en las ideas de los alumnos después de la instrucción?
- m. ¿Qué modelo didáctico de SN se les propone en la instrucción?
- n. ¿Adquieren los estudiantes el modelo didáctico de SN propuesto en la instrucción?
- o. ¿El nivel de diferenciación/integración de los conocimientos de estos alumnos sobre el SN, se corresponde con el de otros sistemas corporales?

Objetivo 7º. Analizar si las ideas de los alumnos sobre el SN, cerebro, nervios, se pueden interpretar desde la perspectiva de los modelos mentales. Se trata de documentar las cuestiones siguientes:

- p. Las representaciones personales de los preescolares, alumnos de 3º, estudiantes de 7º y 8º ¿se pueden considerar como modelos mentales?

- q. En caso afirmativo ¿qué elementos constituyen estos modelos mentales?

Objetivo 8º. Poner de manifiesto si existen tendencias en el desarrollo evolutivo conceptual sobre el SN desde preescolar hasta 8º de EGB desde las perspectivas siguientes:

- r. ¿Qué características comparten las representaciones de los sujetos en cada nivel seleccionado, y cuáles diferencian unos niveles de otros?
- s. ¿Se pueden establecer progresiones en la evolución de los modelos mentales sobre el SN, que sean en cierto modo tipificables?

4.3- Estructura de la investigación

Para cubrir los objetivos descritos se han llevado a cabo dos estudios independientes de carácter longitudinal, y un análisis conjunto de los resultados de ambos.

El primer estudio se realiza con un grupo de niños de preescolar que se volvió a retomar cuando estaban en 3º de EGB; aborda lo que hemos denominado primera evolución de los conocimientos infantiles sobre el cuerpo humano.

El segundo estudio se lleva a cabo con un grupo de estudiantes de 7º de EGB, que se sigue hasta finales de 8º de EGB; esto es, el curso antes de la instrucción sobre el SN y seis meses después de la misma. Este estudio se orienta a indagar la influencia de la instrucción en las ideas de los alumnos.

Los resultados de ambos estudios nos proporciona elementos para analizar la existencia de tendencias evolutivas en el desarrollo conceptual.

Antes de explicitar el diseño de la investigación para cubrir los objetivos propuestos, dedicamos el capítulo siguiente a la revisión de los trabajos relativos a las ideas de los alumnos sobre el cuerpo humano. Dado que, como señalamos anteriormente, el estudio de las ideas de los alumnos sobre el SN se encuadra en el contexto de sus ideas sobre el cuerpo humano.

3. REVISION BIBLIOGRAFICA: ESTUDIOS SOBRE LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS RELATIVAS AL CUERPO HUMANO

5.1- Las ideas de los alumnos sobre el cuerpo humano

La situación de los estudios relativos al cuerpo humano es la siguiente. De las 208 referencias sobre las ideas de los alumnos en biología que contiene la edición de 1991 de la bibliografía de Pfund y Duit, tan solo 24 se refieren a algún aspecto de la biología humana, incluyendo los temas de salud. Y de las 36 referencias que hacen relación a la instrucción, tan sólo 1 pertenece a un tema relativo al cuerpo humano.

Una paciente búsqueda en fuentes menos convencionales, en relación a la didáctica de las ciencias, nos ha proporcionado un total de algo más de 40 referencias relativas a las ideas de los alumnos sobre el cuerpo humano y a sus repercusiones didácticas. En algunos casos, no obstante, no nos ha sido posible el acceso directo a los trabajos.

5.2- Desarrollo de los estudios sobre las ideas de los alumnos y el cuerpo humano

Los trabajos en esta línea son de desarrollo reciente y nos parecía de interés poner de manifiesto, en primer lugar, su origen y evolución, señalando las tendencias más importantes y los grupos que las representan. En un segundo momento haremos una breve revisión de algunos aspectos metodológicos de estas investigaciones.

5.2.1- Evolución de las investigaciones y tendencias

Enfoques sanitario y escolar

Los primeros trabajos localizados sobre las ideas de los niños relativas al cuerpo humano se remontan a los años 1935 y 1947, siendo en la década de los 80 cuando se produce la eclosión de estudios en este campo. Disponemos en la actualidad de un elenco de referencias en las que podemos distinguir objetivos y enfoques diferentes.

Los trabajos más antiguos (Schilder y Weschler, 1935; Conn, 1947; Tait y Ascher, 1955) surgen desde la práctica de la medicina y la psiquiatría. El interés por conocer cómo piensan los niños sobre su cuerpo radica en la importancia afectiva de dicho conocimiento y su influencia en la vida psíquica de los sujetos, sobre todo de los enfermos. Como señalan Schilder y Wesler:

"El estudio de la imagen corporal se apoya en los aspectos más impresionables de nuestra vida psíquica."

Hasta los años 70 una buena parte de los trabajos reseñados tienen de fondo la orientación señalada: están más interesados en las interpretaciones afectivas de los conocimientos de los sujetos sobre sus cuerpo, que en las cognitivas. Estos estudios se llevaron a cabo en contextos sanitarios, las muestras se seleccionaron en poblaciones de niños enfermos o con dificultades psíquicas y los resultados se publicaron en medios relacionados con la sanidad (Nursing Times, Journal of Child Psychiatry, Nursing Research, Psychosomatic Medicine, etc.)

El estudio de Nagy (1953) es el primero en plantear los conocimientos de los niños sobre el cuerpo humano desde una perspectiva cognitiva, seguido por el de Crider (1962), si bien esta última sigue entroncada en la tradición sanitaria y trabaja con niños hospitalizados por dolencias diversas. Durante los años 70 coexisten estudios desde el ámbito sanitario (Quiggin, 1977; Porter, 1974; White y col. 1977), con los que se inician en ámbitos educativos (INRP, 1976; Deneby, 1978). Pero es en la década de los 80 cuando las investigaciones educativas en esta línea experimentan un mayor desarrollo, coincidiendo con el auge de los planteamientos constructivistas del aprendizaje escolar, en los que entronca la corriente de exploración de las ideas de los alumnos.

Finalidad de los trabajos

Tomando el conjunto de las referencias localizadas se pueden diferenciar tres grupos, según la finalidad de los trabajos.

- **Trabajos descriptivos de las ideas de los niños:** se centran en poner de manifiesto los conocimientos espontáneos de niños y jóvenes sobre todos o parte de los aparatos y sistemas del cuerpo humano, indagan sus posibles orígenes y, en algunos casos, las implicaciones didácticas. Un buen número de los trabajos existentes se pueden encuadrar en este grupo: unos se llevan a cabo en el ámbito escolar y otros en el sanitario. De estos trabajos, unos pertenecen a la categoría que denominamos en capítulos precedentes como descripción del conocimiento biológico, y otros describen desarrollos evolutivos de sistemas/órganos específicos.
- **Trabajos interpretativos:** buscan explicar el desarrollo evolutivo de las ideas de los niños sobre el cuerpo humano desde posiciones diversas de la psicología cognitiva. Pertenecen a este grupo los trabajos de Gellert (1962), Crider (1981) y Carey (1985).
- **Trabajos orientados a la práctica escolar:** su objetivo central es desarrollar modelos de intervención en el aula que tengan en cuenta las ideas de los alumnos. Estos trabajos son aún escasos en el campo específico de la biología humana: como ejemplo tenemos los realizados por Mintzes (1984) y el trabajo de Guyon (1987).

La Tabla 5.1 reúne los trabajos a los que venimos haciendo referencia. Se han agrupado atendiendo al contenido temático de las ideas de los alumnos que exploran y se indican también las edades de las muestras utilizadas. Como puede observarse, los estudios más antiguos se refieren al contenido y funcionamiento del cuerpo (estudiando todos o varios sistemas corporales): son los que se generan principalmente en ámbitos sanitarios. Con el avance del tiempo los trabajos se centran en los conocimientos de los niños sobre órganos y procesos más concretos; pertenecen mayoritariamente al ámbito educativo escolar.

Cuadro 5.1- Las ideas de los alumnos sobre biología humana

TEMA		AUTOR-FECHA	EDAD MUESTRA
DESCRIPCION DE LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS	GENERAL - Contenido Cuerpo - Función Organos Diversos	SHILDER & WECHSLER (1935)* NAGY (1953) TAIT & ARCHER (1955) GELLERT (1962) KUNITSINA (1968)* PORTER (1974)* INRP (1976) QUIGGIN (1977) DENEDAY (1978) DAVIDSON (1981)*	4 - 12 5 - 16 12 - 16 6 - 11 6 - 10 11 - 12 6 - 11
	DIGESTIVO DIGESTION	CLEMENT (1991) CLEMENTY COL. (1983) MENDEZ Y COL. (1986) GIORDAN & VECCHI (1987) CUBERO (1988) BANET & NUÑEZ (1988, 1989)	ADULTOS 14 - ADULTOS 15 - 16 8 - 25 8 - 10 11 - ADULTOS
	CIRCULATORIO CIRCULACION	WHITE & COL. (1977)* CATHERALL (1981) ARNAUDIN & MINTZES (1985, 1986)	11 - 14 7 - 14 10 - 17
	RESPIRATORIO RESPIRACION	BAZAN (1984) GIORDAN (1987) VUALA (1991)	10 - 15 5 - 18 11 - 12
	S. NERVIOSO	JONHSON & WELLMAN (1982) SERRANO (1988) BOUJADAA (1988)*	4 - 10 (cerebro) 13 - 14
	REPRODUCCION SEXUALIDAD	CONN (1947)* BERSTEIN & COWAN (1975)* LIU YEW (1983) GIORDAN & VECCHI (1987)	VARIAS
	SALUD	HERNANDEZ (1981) VILLAVICENCIO (1981) BIBACE & WALSH (1981) PROUT (1985) BRUMBY & COL. (1985) RICE & GUNSTONE (1986) MOON (1987) BARRIO (1988)	9 - 14 12 - 24 4 - 11 15 - 16 UNIVERSITARIOS 4 - 13
	DESARROLLO EVOLUTIVO IDEAS	CRIDER (1983) CAREY (1985)	6 - 12 3/4 - 10/12
	DISEÑO INSTRUCCION	MINTZES (1984) GUYON (1987)	10 - 12 (circulatorio) 16 - 17 (respiracion)

* Estos trabajos vienen referidos en otros pero no se han localizado

Geografía de las investigaciones

Una línea de trabajo sobre las ideas de los alumnos en el campo de la biología humana se origina en el INRP (Institut National de Recherches Pédagogiques) de París en la década de los 70, en el programa *Activités D' Eveil Scientifiques*, con un claro sustrato piagetiano y bachelardiano. Esta línea llega hasta la actualidad en los trabajos del equipo ASTER perteneciente al citado Instituto, a cuyos trabajos hemos hecho referencia en capítulos anteriores.

Las investigaciones de este grupo francés suelen plantearse como estudios de casos en situaciones de aulas concretas (INRP, 1976; Giordan y Vechi, 1984). No siempre resulta sencillo localizar las referencias de los trabajos originales, sobre todo desde aspectos temáticos concretos; sin embargo, han producido excelentes obras, de referencia obligada en los estudios sobre la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Los trabajos relativos a las ideas de los alumnos sobre el cuerpo humano llevados a cabo por este grupo que hemos localizado son: los del equipo INRP (1976), y los más actuales de Clement y col. (1983), Bazán (1984), Mendez y col. (1986), Giordan (1987), Guyon (1987) y otros estudios referidos en la obra de Giordan y Vechi, Los orígenes del saber (1987).

Los trabajos anglófonos se localizan principalmente en USA, y la mayoría se centran en indagar las ideas de los alumnos de diferentes edades sobre algún sistema corporal. Algunos de los trabajos localizados se integran en un marco de investigación más amplio, existente en los departamentos o instituciones en los que se llevan a cabo. Por ejemplo, el trabajo de Catherall (1981) sobre las ideas de los alumnos y el circulatorio se inserta en la primera fase de un programa de investigación de la Universidad de British Columbia, estructurado en torno a cuatro fases consecutivas (Erickson, 1983):

- 1*) Identificación de los marcos alternativos de los alumnos en diversos campos conceptuales de las ciencias.
- 2*) Análisis de las percepciones de los profesores sobre las dificultades de los alumnos y estudio de las interacciones en el aula.
- 3*) Desarrollo de materiales y estrategias para la instrucción.
- 4*) Evaluación y disseminación de dichos materiales.

El trabajo de Arnaudin y Mintzes (1985) parece estar también inserto en un programa similar de la Universidad de North Carolina en Wilmington (Mintzes, 1984).

Temática específica de las investigaciones

Para adquirir una idea general de los contenidos temáticos de las investigaciones basta ver la Tabla 5.1. Interesa destacar el reciente desarrollo de las investigaciones en torno a las ideas de los alumnos sobre *la salud*. Son estudios que abordan las representaciones de los alumnos relativas a esta faceta de la biología humana. Aunque no tratan directamente las ideas sobre los aparatos y funciones corporales, nos ha parecido importante dejar constancia de ellas. Una parte de las referencias citadas en este campo se generan en la tradición médico-sanitaria, y otra parte en contextos escolares.

Los estudios de enfoque sanitario-terapéutico se preocupan -como ya señalamos- por la relación entre el desarrollo cognitivo de nociones sobre salud y enfermedad y los procesos afectivos de niños y jóvenes pacientes (Bibace y Walsh, 1981 (a) y (b); Moon, 1987).

Los estudios emergentes en contextos escolares se inscriben en la creciente presencia en los currículos de la Educación para la Salud. Investigan las ideas de los alumnos sobre los conceptos de salud, enfermedad, causas de la enfermedad, calidad de vida, etc. desde diferentes perspectivas. Por ejemplo, Hernandez (1981) y Rice y Gunstone (1986) analizan la influencia de la cultura de origen en las ideas de los individuos sobre la salud; Villavicencio (1981), Brumby (1985) y Prout (1985) señalan la multidimensionalidad del concepto "salud" en las concepciones de los estudiantes, para alertar sobre las implicaciones que esto conlleva en el desarrollo y enseñanza de los programas de educación para la salud.

En España

En nuestro país, los estudios relativos a las ideas de los niños sobre el cuerpo humano son escasos; hemos localizado tan solo cinco referencias.

Tres de los estudios (Banet y Núñez, 1988, 1989 y Cubero, 1988), se refieren al digestivo. Los dos primeros analizan las ideas sobre la nutrición en el hombre en

una muestra con alumnos del ciclo Superior de EGB, BUP y Magisterio. El de Cubero se centra en el estudio de dichas ideas en un grupo de alumnos antes y después de la instrucción sobre la digestión (4º/5º e EGB).

Serrano (1988) describe las ideas sobre el sistema nervioso de alumnos que finalizan la EGB. Este trabajo es parte del estudio exploratorio que se llevó a cabo al inicio de esta tesis doctoral.

Finalmente, Barrio (1988) analiza las ideas de niños de 4 a 13 años sobre la salud, atendiendo específicamente a la estructura causal del razonamiento puesto en juego.

El recorrido realizado hasta ahora pone de manifiesto:

- La existencia de dos enfoques en los trabajos sobre las ideas de los alumnos en este campo: uno, ligado a la terapéutica sanitaria, cuya finalidad es relacionar los aspectos cognitivos de los conocimientos sobre el cuerpo con las implicaciones afectivas, sobre todo en muestras de poblaciones con alteraciones de la salud; el otro, centrado en la práctica educativa escolar, se sitúa en la corriente de investigación sobre las ideas de los alumnos generada desde la concepción constructivista de los procesos de enseñanza-aprendizaje.
- La co-existencia de dos grupos de investigación, el francófono y el anglófono, en cuyas publicaciones no suelen existir referencias cruzadas.
- La preponderancia de los estudios descriptivos de las ideas de los alumnos y alumnas sobre el cuerpo humano, sobre un elenco pequeño de trabajos con carácter interpretativo, o de propuestas de intervención didáctica.
- En nuestro país los estudios en esta línea son escasos.

5.2.2- Características metodológicas

Señalamos brevemente los planteamientos de recogida y análisis de datos que aparecen en los estudios citados anteriormente.

Entrevistas y dibujos de los alumnos

Una buena parte de los trabajos realizan la recogida de datos mediante entrevistas individuales, más o menos estructuradas. En algún momento de la entrevista se pide a los alumnos que realicen dibujos de los órganos del interior del cuerpo que nombran (generalmente se les proporciona una silueta del cuerpo humano).

La utilización de entrevistas personales supone muestras no muy grandes, tanto más reducidas cuanto más abierto y menos estructurado es el esquema de la entrevista. Por ejemplo, Gellert (1962) basa la entrevista en un cuestionario estructurado en 14 preguntas abiertas, pero muy específicas, sobre el interior del cuerpo y puede así entrevistar a 96 niños. Crider (1981) utiliza una entrevista estructurada sobre diversos aspectos del interior del cuerpo con 21 niños. Catherall (1981) emplea una entrevista estructurada mediada por complementos visuales y actividades, seguidas de cuestiones prefijadas, para entrevistar a 32 niños sobre la circulación. Johnson y Wellman (1982) en su trabajo sobre el cerebro y la mente entrevistan a 150 sujetos empleando una serie de tareas estructuradas, de respuesta cerrada en su mayoría. Cubero (1988) utiliza un esquema semi-estructurado para entrevistar a 55 niños sobre la digestión.

Las entrevistas son el instrumento primario en estudios sobre campos conceptuales en los que existen pocas o ninguna referencia anterior, como es el caso de nuestro trabajo.

Lo más usual es que el análisis del contenido de las entrevistas dé paso a algún tipo de categorización de las respuestas. Por ejemplo, Gellert construye series de categorías diferentes para dar cuenta de las ideas de su muestra en cada uno de los sistemas corporales que estudia; Catherall construye lo que denomina Inventario Conceptual sobre la circulación, a partir de los datos de las entrevistas; Crider determina (con aportaciones del trabajo de Gellert además de sus entrevistas) los que denomina Niveles de Conceptualización sobre el cuerpo humano.

En otros casos, los autores se centran más en transmitir al lector las expresiones directas de los niños y en poner de manifiesto, coincidencias más frecuentes de esquemas alternativos, o comparaciones con la ciencia escolar, sin

que aparezca explícitamente el método de análisis utilizado (Quiggin, 1977; Cubero, 1988).

Cuestionarios escritos

Existen diversidad de modelos en los estudios descritos. Suelen construirse tras una primera fase de exploración a través de entrevistas u otras estrategias que permitan determinar la estructura y contenidos de los mismos, o cuando existen estudios previos sobre el tema que facilitan la información pertinente para su diseño.

Por ejemplo, Arnaudín y Mintzes (1985) construyen un cuestionario sobre diversos aspectos de la circulación para investigar las ideas de 495 alumnos de 10 a 17 años. El cuestionario consta de 15 ítems (11 de elección múltiple y 4 abiertos) y se construye a partir un inventario de conceptos sobre la circulación elaborado después de entrevistar a un conjunto de sujetos y tomando como referencia el inventario elaborado por Catherall.

Banet y Nunez (1988, 1989) desarrollan también un cuestionario sobre aspectos de la digestión para 400 alumnos de EGB y 150 sujetos adultos (estudiantes y profesores). En este caso el cuestionario se diseña a partir de una serie de entrevistas a un grupo reducido de alumnos, y la estructura de los ítems está bastante ceñida a la estructura disciplinar de la digestión en los currículos escolares. Estos autores utilizan también entrevistas, además del cuestionario, para profundizar en algunas de las ideas puestas de manifiesto por el mismo.

Nagy (1953) emplea tres cuestionarios: dos solicitan de los niños dibujos de elementos del interior de la cabeza, y el tercero, lo constituyen 21 ítems en forma de preguntas abiertas, pero muy específicas, sobre aspectos de los procesos digestivos y respiratorios. Administra los cuestionarios a 220 niños de 5 a 11 años, por grupos de aulas; en cada aula el profesor controla que cada ítem sea contestado simultáneamente por todos los alumnos, dejando un tiempo de 30 segundos por respuesta.

Serrano (1988) emplea dos protocolos de respuestas cerradas y entrevistas para explorar las ideas de los alumnos de un curso de EGB sobre el sistema nervioso. Uno de los protocolos representa seres vivos (animales y plantas) de

diferentes clases y órdenes taxonómicos y los alumnos deben señalar, en cada caso, si creen que el ejemplar tiene o no sistema nervioso. El segundo lo constituye una lista de acciones o actividades corporales que las personas realizamos habitualmente y cada alumno debe señalar si para poder efectuar dicha acción debe intervenir, o no, el sistema nervioso; las acciones se presentan sin esquema aparente, pero fueron seleccionadas teniendo como referencia una tipificación previa (acciones sensoriales, motoras, voluntarias, involuntarias, inconscientes, reflejas, etc.). El estudio se complementó con entrevistas posteriores para indagar el por qué de las respuestas y con actividades escritas de casos-problema abiertos.

Dibujos de los alumnos

La expresión en dibujos de las ideas de los alumnos sobre el interior del cuerpo es una estrategia utilizada abundantemente en los estudios a los que nos venimos refiriendo, tanto en el contexto de entrevistas como en el de cuestionarios. A pesar de las dificultades de interpretación y de reducirse a los aspectos anatómicos, proporcionan aspectos muy significativos de las concepciones de los alumnos, como por ejemplo, la distribución y disposición de los órganos, las conexiones entre ellos, los órganos ausentes, etc. Son además un auxiliar muy valioso en las entrevistas, como base para la descripción de los procesos funcionales.

Otro aspecto interesante de los dibujos de los alumnos es el modo en que interpretan y tratan de reproducir los modelos anatómicos que aparecen en sus materiales escolares.

Otras estrategias

Los trabajos en el campo conceptual de la salud utilizan además algunas estrategias que no aparecen en las otras áreas temáticas.

Villavicencio (1981) establece las dimensiones del concepto "salud" entre los alumnos de secundaria a través de técnicas de asociación libre y de definición de términos. Plantea el análisis a través de una tarea de categorización y representación en diagramas sectoriales y análisis de definiciones, siguiendo las estrategias de definición de conceptos propuestas por Shaeffer (1979).

Brumby (1985) plantea tareas de resolución de problemas divergentes referidos a la salud en el contexto de la vida diaria. Las respuestas se analizan refiriéndolas a las categorías definitorias del término "salud" establecidas por la OMS. Complementa el estudio con entrevistas.

Prout (1885) pide a 54 alumnos de 15 años que expliquen por escrito, con sus palabras, lo que entienden significa el dicho "No hay nada que puedas hacer para librarte de una gripe". Varios alumnos son posteriormente entrevistados para ampliar su explicación. Las respuestas se categorizan desde tres aspectos: 1º) nivel de los contenidos científicos de las explicaciones; 2º) aplicación correcta de contenidos científicos a un problema de la vida real; y 3º) marcos de referencia científicos e intuitivos desde los que piensan sobre la enfermedad.

En resumen, el recorrido por los aspectos metodológicos de los trabajos pone de manifiesto:

- El carácter exploratorio de gran parte de los trabajos.
- La utilización de planteamientos cualitativos.
- El empleo de la entrevista y dibujos realizados por los alumnos, como estrategias más frecuentes de recogida de datos, seguido de los cuestionarios.
- Los análisis de los datos en términos de algún tipo de categorización de las respuestas

5.3- El pensamiento de los alumnos sobre el cuerpo humano

Daremos cuenta de los trabajos de esta línea de investigación agrupándolos, como hemos señalado anteriormente, en función de su finalidad principal: a) trabajos descriptivos de las ideas de los alumnos; b) trabajos interpretativos; y c) trabajos orientados a la práctica escolar.

5.3.1- Trabajos descriptivos de las ideas de los alumnos

A efectos expositivos, dividiremos la descripción de las concepciones de los alumnos en tres apartados: 1º) las ideas sobre el interior del cuerpo; 2º) sobre órganos y funciones específicas; y 3º) factores explicativos de las ideas de los alumnos.

Las ideas sobre el interior del cuerpo

Los trabajos que investigan este aspecto corresponden a los que hemos encuadrado bajo el término General del Cuadro 5.1. Tienen como denominador común preguntarse por las ideas de los niños/jóvenes sobre el contenido del interior del cuerpo y la función de esos contenidos. No están centrados en el análisis pormenorizado de un sólo sistema corporal, aunque algunos traten con detenimiento diversos sistemas (Nagy, 1953; Gellert, 1962). Son estudios transversales con muestras de edades amplias que incluyen a veces niños desde preescolar.

Representaciones iniciales del esquema corporal interno

Los trabajos realizados con niños en edades de 5 a 8 años son anteriores a 1963, los de lengua inglesa, y de 1976 los de lengua francesa.

En los trabajos anglófonos (Weschler, 1935; Fraiberg, 1959; y Gellert, 1962), el contenido del cuerpo, tal y como lo explicitan los niños pequeños, corresponde a la siguiente descripción:

"El niño, hasta una edad sorprendentemente tardía, incluso a los 8 o 9 años, imagina su cuerpo como un órgano hueco, encapsulado en la piel. En su imaginación es todo "estómago". Un gran tubo hueco que se llena de alimento en determinados momentos y se vacía en otros. Es interesante pedir a un niño de 6 o 7 años que dibuje cómo cree que es el interior del cuerpo, y ver el dibujo de una caverna indiferenciada en la que el niño puede, tras reflexionar, insertar un "corazón" desplazado de algún modo. Si se le pregunta, ¿dónde está el estómago?, el niño señalará generalmente el interior de su dibujo, señalándolo todo. Y puesto que el niño, a una edad temprana, ha descubierto que si su piel se lastima o se corta la sangre sale, visualiza el interior como un tipo de almacén en el que sangre, comida y deshechos están de algún modo contenidos". (Fraiberg citado por Gellert, 1962: 387)

Carey (1985) se acoge a las investigaciones citadas para señalar que:

"Sólo en torno a los 10 años, el interior de una persona se concibe compuesto por muchas partes corporales diferentes, al igual que acontece con el exterior del cuerpo" (Carey, 1985:43)

Los trabajos del INRP francés (1976) describen una situación similar en los dibujos de niños de 6-7 años: un saco lleno de alimentos diversos, en el que

esporádicamente aparecen: un corazón estereotipado y huesos, todo fuera de lugar.

En los dibujos de los niños franceses de 7-9 años no parecen existir ya alimentos en el interior del cuerpo. Representan un mayor número de órganos internos que aparecen sueltos en la cavidad corporal, a excepción de los aparatos que han sido objeto de instrucción; estos son representados tendiendo a reproducir el esquema planteado (que no comprendido) en clase.

En síntesis, los trabajos sobre las representaciones del interior del cuerpo en niños entre 5 y 9 años ponen de manifiesto la no existencia de un esquema estructurado del mismo, por contraposición a la buena estructuración existente en esas edades sobre el exterior del cuerpo.

Todos los estudios coinciden en señalar que a partir de los 9-10 años se produce un aumento de los conocimientos de los niños sobre el interior del cuerpo.

Nagy (1953) señala que entre, los 4 y 12 años:

- Los niños no conocen bien la forma y localización de órganos corporales relevantes. Los representan como formas redondeadas en el interior de la cavidad troncal, para complacer los requerimientos del investigador, pero no se basan en conocimientos reales.
- Los sistemas corporales son muy simples; suelen constar de uno o dos órganos y no se relacionan unos sistemas con otros.

Gelleri (1962) contabiliza que la muestra comprendida entre los 5 - 9 años cita un promedio de 3/4 ítems internos, la de 9 - 11 años conoce un promedio de 9, siendo 13 la media de ítems citada por los más mayores (16 años). Y, en la misma línea, Quiggin (1976) dice que los niños de 11-12 años conocen bastantes cosas del interior del cuerpo y las designan con sus nombres correctos.

Los trabajos del INRP (1976) ponen de manifiesto que entre los niños de 9-12 años la representación del interior del cuerpo es aún inexacta; sus dibujos pueden interpretarse desde un intento de reproducir de lo que han visto en los dibujos de sus materiales escolares.

¿Qué aspectos funcionales subyacen en estas representaciones?

Nagy, trabaja con niños de edades comprendidas entre los 4 y los 12 años, y plantea conclusiones generales para el total de la muestra, sin diferenciar las características del pensamiento por tramos de edades. La amplitud del intervalo de edades nos hace pensar que las conclusiones requerirían matizaciones, y sobre todo resultarían poco útiles a efectos de comparación con otros trabajos referidos a edades más concretas del mismo intervalo. Teniendo en cuenta dicha apreciación, las conclusiones de esta autora son las siguientes:

- El funcionamiento corporal tiene para los alumnos un carácter estático. A cada órgano se le atribuyen funciones específicas muy simplificadas, que no se conciben como procesos de cambios continuos; más que funciones, son "roles" de los órganos
- La composición atribuida a los órganos corporales es homogénea; todos están hechos de huesos, sangre, piel y carne.

Gellert (1962), en una extensa monografía, dedica una parte a describir las ideas de los niños de 5 a 16 años sobre el contenido del cuerpo. Su objetivo es poner a prueba un modelo de investigación que ponga de manifiesto tendencias evolutivas en la muestra considerada. Conviene hacer notar que la muestra utilizada está formada en su totalidad por niños hospitalizados por dolencias diversas. Esto significa que sus experiencias sobre su cuerpo e incluso sus fuentes de información pueden diferir de las de niños sanos y no hospitalizados. Entre las conclusiones referidas al funcionamiento general del cuerpo señala :

- Los niños más pequeños no explican el funcionamiento de los órganos, aún de los que apenas conocen, en términos mágicos, animistas o sobrenaturales; incluso las respuestas incorrectas tienen carácter "materialista".
- Con el aumento de edad hay una conciencia creciente de la articulación de los diversos sistemas corporales. Se puede documentar un desplazamiento desde las ideas de los más pequeños tendentes a pensar en el interior del cuerpo en términos de fluidos transitorios y órganos sueltos al énfasis en estructuras permanentes y procesos mecánicos.
- Existe una tendencia -sobre todo en edades similares- a concebir el contenido y funcionamiento del cuerpo de modo similar. Las ideas de los niños reflejan un

número limitado de concepciones, que se pone de manifiesto de modo especial en la repetición de ideas erróneas.

- En términos generales, las ideas de los niños son más parciales que erróneas.

Quiggin (1977) estudia el conocimiento que tiene un grupo de niños de 11-12 años sobre el interior del cuerpo y sus funciones en general. Sus conclusiones coinciden con las de los estudios precedentes al señalar que las funciones que describen son parciales y que algunas ideas equivocadas sobre la función de ciertos órganos están basadas en observaciones directas; por ejemplo, el considerar el estómago asociado con la respiración porque se mueve cuando tomamos y expulsamos aire.

Ideas sobre órganos y sistemas específicos.

Las ideas de los niños y jóvenes sobre el digestivo, circulatorio, respiratorio, reproductor y nervioso han sido estudiadas a niveles distintos de extensión y profundidad. Pasamos a referir los resultados obtenidos en los trabajos que venimos considerando.

Digestivo-digestión

Es el aspecto más estudiado de la biología humana y del que tenemos, por tanto, mas datos disponibles.

Nagy (1953) investiga algunos aspectos de la digestión en los niños de 4 a 12 años y concluye que:

- El estómago se representa como una figura redondeada, generalmente desplazada de su lugar. Su función se describe en términos de almacenaje de comida.
- Hasta los 9 años, los términos "estómago" y "tripas" son sinónimos.
- El significado del término digestión no es bien conocido por los niños.

GELLERT (1962) pregunta a los niños por la localización del estómago, su función, y por lo que creen que ocurre a los alimentos una vez que se tragan. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que:

- Los niños no mencionan espontáneamente el estómago como parte interna antes de los 9 años; es a los 13 cuando la mayoría lo considera de modo habitual.
- Desde muy pequeños, los niños relacionan el estómago con los alimentos, pero hasta los 11 años no consideran que tenga una participación activa en su transformación, es simplemente un contenedor o lugar de paso.
- Entre los 5 y 17 años, las principales concepciones sobre el destino de los alimentos corresponden a las cuatro categorías -no exclusivas- siguientes:
 - 1- el alimento va al estómago y permanece allí;
 - 2- el alimento pasa por el estómago y se elimina en forma de orina y heces;
 - 3- todo el alimento o parte de él va al abdomen y luego se reparte por el cuerpo;
 - 4- parte del alimento se queda en el cuerpo y parte se elimina.

La categoría 1 se da principalmente en los niños de 5 a 8 años y va desapareciendo progresivamente en los mayores. Las categorías 2, 3 y 4 aumentan con la edad.

- Que exista alguna transformación de los alimentos ingeridos no se conceptualiza antes de los 8-9 años.
Las primeras concepciones sobre la digestión se refieren a transformaciones físicas de los alimentos (cambios de color, estado, tamaño). La transformación de los alimentos en energía no aparece hasta la adolescencia y en un porcentaje muy pequeño de la muestra.
- Las ideas sobre la excreción de sólidos parece seguir estas tendencias evolutivas:
 - 1 - los niños más pequeños piensan en la defecación como necesidad social más que mecánica;
 - 2 - entre los 9 y 12 años la mayoría señalan la relación heces/comida y las principales razones para la excreción son evitar estar lleno y mantener la salud;
 - 3 - a partir de los 13-14 años la mayoría relacionan excreción de sólidos con deshechos o exceso de comida.
- En relación a la excreción de líquidos, la distinción entre el tracto digestivo y el génito-urinario no está clara para casi ningún niño de las edades consideradas.

Clement y col. (1983) piden a un grupo de personas de edades muy variadas (14-86), entre las que se encuentra un grupo de universitarios 17 a 20 años, que dibujen la trayectoria que sigue un litro de cerveza que se bebe. Clasifican las respuestas obtenidas en los grupos siguientes:

- A. La trayectoria seguida por la cerveza es un camino continuo desde la ingestión a la excreción.
- B. Hay una discontinuidad entre la parte digestiva y la parte excretora representadas, indicando la intervención de la sangre entre ambas.
- C. Hay discontinuidad pero no se aclara lo que ocurre en ella.

• El 72% de los encuestados mantienen representaciones correspondientes a la categoría A, es decir, la cerveza se elimina tal y como se ingiere. Este porcentaje alcanza el 85.5% entre estudiantes de 14-16 años y el 71% en los universitarios.

Varios meses después de la prueba anterior se les pide a los alumnos universitarios de la muestra, en una pregunta de examen, que expliquen las razones de la práctica siguiente: Una persona se pone a conducir tras haber bebido bastante cerveza. La policía detiene su coche y le toma una muestra de sangre para una prueba. Más del 90% de los universitarios señalan que la cerveza, y sobre todo el alcohol han pasado a la sangre.

- Los autores explican esta aparente incoherencia entre las dos respuestas de los mismos alumnos señalando la posible coexistencia de modelos explicativos dispares.

El modelo del trayecto continuo de los líquidos sería más primitivo e intuitivo. Este modelo funciona bien para explicar cosas que se observan. El modelo escolar de la trayectoria discontinua, al que recurren en situaciones pedagógicas selectivas, cuando los alumnos se fuerzan en recordar lo dicho en clase. Este segundo modelo no es funcional en otros contextos porque la concepción inicial intuitiva es dominante.

Méndez y col. (1986) ponen de manifiesto un problema similar al anterior en su estudio de las ideas de jóvenes de 15-16 años sobre la digestión. Tras señalar que las concepciones que aparecen son más parciales que erróneas, anotan que el principal problema reside en la no funcionalidad de lo que aprenden en las clases.

Los alumnos, que conceptualizan la digestión en términos de degradación y cambios en los alimentos, no son capaces de aplicar estas ideas para explicar por qué la insulina que necesitan los diabéticos no les puede ser administrada por vía oral.

Las conclusiones de este trabajo se refieren más a los procesos de instrucción. Recomiendan plantear la enseñanza de la biología en función de conceptos más generales e inclusivos, en lugar de parcelarla de manera que induzca a los alumnos a considerar cada aspecto del ser vivo como un proceso independiente.

Banet y Nuñez realizan un estudio detallado de los aspectos anatómicos (1988) y fisiológicos (1989) de la digestión con alumnos españoles de 5º y 8º de EGB, 3º de BUP y magisterio y con un grupo de profesores.

En relación a los aspectos anatómicos señalan que entre la gran variedad de respuestas se pueden considerar: las que constituyen fallos de memoria, las que reflejan confusiones sistemáticas, y las que son verdaderas concepciones alternativas; sin embargo, no queda muy claro en la exposición de los autores cuáles sean -en el tema en cuestión- las confusiones sistemáticas y cuales las ideas alternativas. Los resultados del trabajo ponen de manifiesto que:

- Los órganos del digestivo y su secuencia son mal conocidos por los alumnos de todos los niveles. La ausencia de algunas partes (faringe, esófago, hígado, pancreas), cambios de orden (intestino grueso antes que el delgado) y la discontinuidad del tubo digestivo en algún nivel, son aspectos que aparecen en las representaciones de toda la muestra.
- Un 10% de los alumnos y un 8% de los profesores representan una doble vía de excreción, una para sólidos y otra para líquidos, a partir de un cierto tramo del tubo digestivo.

En relación a los procesos digestivos tratados se indica:

- Existe una tendencia general a considerar el estómago como órgano central del proceso digestivo.
- Se conceptualiza la digestión como la descomposición de los alimentos en sustancias más sencillas (expresión que constituye una de las opciones múltiples del cuestionario), sin embargo, no se sabe explicar el significado de dicha descomposición. Coincidiendo con los resultados del trabajo de Gellert, los cambios se expresan en términos de mezclar, separar, triturar.
- Entre un 10% y un 15% los alumnos creen que la absorción se realiza mayoritariamente en el estómago y en EGB y BUP uno de cada tres estudiantes

no contesta a la pregunta o lo hace de manera atípica. El concepto mismo de absorción no parece estar muy claro, sobre todo en EGB.

Giordan y Vechi (1987) refieren las ideas sobre la digestión de alumnos de 9 a 17 años y de futuros profesores y encuentran el mismo tipo de concepciones relatadas en los trabajos anteriores. Señalan estos autores la semejanza básica entre las ideas de los niños que aún no han estudiado formalmente el aparato digestivo y las de sujetos de más edad que lo han tratado hasta cuatro veces en el transcurso de la enseñanza recibida.

Cubero (1988) analiza los cambios en las ideas sobre la digestión de un grupo de alumnos de 4º a 5º de EGB en un diseño pretest/instrucción/postest. Las conclusiones del trabajo ponen de manifiesto que:

- Las concepciones sustanciales de los niños no varían de un curso a otro. El único avance realizado se refiere a la explicación de algunos cambios experimentados por los alimentos, pero a la vez, aumenta la proporción de niños que conciben dos vías excretoras relacionadas con el tubo digestivo.
- Salvo el aumento de terminología científica, no existe proporción entre la intención de la instrucción y el cambio conceptual que realizan los alumnos.

Circulatorio-circulación

Todos los estudios que analizan estas ideas coinciden en señalar que el corazón aparece en los dibujos de los niños desde muy pequeños, localizándolo con bastante exactitud en su lugar correspondiente. Sin embargo, no aparecen vasos sanguíneos en los dibujos de los niños antes de los 9 años.

Gellert (1962) describe hasta 14 categorías explicativas de las respuestas sobre la función del corazón de los niños de 4 a 17 años. Unas categorías son características de los niños más pequeños, mientras que otras se encuentran mayoritariamente en los jóvenes. Por ejemplo:

- El 50% de los niños nombran la sangre relacionada con el corazón, pero sólo a partir de los 11 años esta relación se refiere a algún tipo de circulación o

movimiento de la sangre por el cuerpo. Antes de esta edad el corazón hace o contiene la sangre.

- Un 20% de los niños menores de 11 años explican la función del corazón diciendo simplemente que late.
- Hasta los 12 años la principal función atribuida al corazón es mantener la vida, sin que se aduzcan más explicaciones.
- Aunque los niños mayores relacionen el corazón con la circulación de la sangre, ninguno describe el circuito completo ni aparece la idea de que la sangre retorne al corazón.

Catherall (1981) y Arnaudín y Mintzes (1985) analizan detalladamente las ideas sobre el circulatorio en alumnos de 7 a 14 el primero y de 10 a 17 años los segundos.

En todos los casos encuentran concepciones alternativas, como las siguientes, en los alumnos.

- Los más pequeños consideran que la sangre es un líquido rojo cuya función expresan de modo vitalista en términos de mantener la vida.
- Entre los 13 y 15 años la sangre la forman células suspendidas en un líquido rojo, o bien células rojas sin líquido intercelular alguno. Casi un 50% de esta edad sigue explicando la función de la sangre en términos vitalistas.
- Un 70% de los universitarios no biólogos consideran la sangre como células rojas sin líquido intercelular y en las funciones que le atribuyen aparece un amplio espectro de concepciones: la vitalista (25%), funciones correctas pero parciales (ejm.: transportar el oxígeno, 20%) y dos o más funciones correctas (45%).
- Entre los universitarios biólogos, cerca de un 30% sigue pensando en la estructura sanguínea como los no biólogos y sólo un 40% señalan las células y el plasma. En cuanto a la función, este grupo muestra el índice más alto de respuestas acertadas (60%).
- El corazón aparece como una estructura tricameral en las respuestas de los alumnos más jóvenes y la idea de cuatro cámaras va creciendo con la edad.
- Las concepciones sobre la función del corazón son las más homogéneas en todas las edades, el corazón bombea la sangre.
- La mayor parte de los alumnos conciben un modelo de circulación simple, sin ruta pulmonar. Esto sugiere la representación del corazón como bomba sencilla en lugar de doble.

- La idea de un sistema circulatorio parcialmente abierto se mantiene estable a lo largo de todas las edades. La concepción científicamente aceptable de un sistema cerrado no alcanza nunca el 20% de la muestra.
- Hay una serie de creencias paralelas entre las que expresan los estudiantes y las que postularon los primeros científico/filósofos greco-romanos.

Como puede deducirse de los resultados expuestos, algunas de las concepciones sobre la circulación son estables desde la escuela primaria a la universidad, lo cual pone de manifiesto la resistencia al cambio de las ideas mantenidas por los estudiantes. En otras concepciones, sin embargo, se evidencia una progresiva transformación desde las ideas intuitivas hacia otras más sofisticadas y en algún caso hacia concepciones científicas aceptables.

Respiratorio-respiración

Los trabajos localizados sobre este aspecto del funcionamiento corporal son escasos. Pasamos a relatar sus resultados principales.

Gellert (1962) pone de manifiesto que:

- Antes de los 7 años ningún niño relaciona los pulmones con la respiración, pero entre los 9-10 años la mayoría realiza ya esta asociación. La mitad de los niños entre los 9 y 11 años localizan los pulmones en la garganta, el cuello, o la cabeza.
- Coincidiendo con los resultados de Nagy (1953), este trabajo confirma que los niños no saben qué le ocurre al aire una vez que entra en el cuerpo, salvo afirmar que es esencial para la vida.
- A partir de los 9 años comienzan a aparecer explicaciones en las que interviene la idea de un intercambio de gases.
- En todas las edades los niños mantiene ideas en las que se identifica o relaciona la función de los pulmones con la del corazón, en términos de ayudar a la circulación de la sangre, o transportar aire al corazón.

Bazan (1984) estudia la construcción del concepto de respiración y señala que los alumnos de primaria tiene una concepción de necesidad moral y vitalista sobre el proceso respiratorio. "el aire entra porque tiene que entrar". "por que es necesario para vivir".

Describe también algunas concepciones bastante atípicas de niños de 11-12 años sobre la mecánica respiratoria que pueden resumirse así:

- El corazón asume la función de los pulmones en la respiración, bien porque recibe el aire que se inspira, o porque conciben que en lugar de dos pulmones existe un pulmón y un corazón conectados.
- El "vientre" (cavidad abdominal) es una bolsa conectada a la nariz a donde va el aire que respiran.
- El aire pasa en primer lugar a los pulmones y luego a la bolsa del vientre que está conectada con ellos.

Giordan (1987) sintetiza, en una serie de modelos respiratorios, las aportaciones de diversos trabajos realizados por el equipo francés LDES sobre las ideas de los alumnos. Analiza también la evolución histórica del concepto de respiración. Señala este autor que en las representaciones de los alumnos comienza por aparecer:

- Un primer modelo de tipo vitalista, en el que la respiración está asociada a la vida de modo global. Es un modelo mecánico muy simple: el aire entra y sale del cuerpo, y esto nos hace vivir. Muy pronto este modelo se transfiere del cuerpo a unos órganos determinados, los pulmones.
- En la enseñanza secundaria este modelo evoluciona. El aire pasa a ser concebido en términos de dos gases: el oxígeno, cargado de todas las virtudes positivas, y el carbónico con todos los valores negativos. Los pulmones guardan el oxígeno del aire y expulsan el carbónico.
- El estudio del desarrollo histórico de los conocimientos sobre la respiración muestra la importancia de tener en cuenta una serie de factores que influyen en la construcción del saber, y pone de manifiesto que la mayoría de la población adulta tiene hoy una concepción pre-lavoisiana de la misma. Los aspectos energéticos de este fenómeno no aparecen significativamente ni siquiera en las representaciones de los alumnos de bachillerato e incluso universitarios.

El sistema nervioso

No hemos localizado ningún trabajo que se proponga el estudio de las ideas de los alumnos sobre este tema, a excepción de nuestro estudio exploratorio (Serrano, 1988) y el de Boujada (1988), que analiza las representaciones vehiculadas por un manual escolar y sus repercusiones en los alumnos, pero a este último, que no ha sido publicado, no hemos tenido acceso.

Existen referencias a las ideas de los alumnos sobre el cerebro y los nervios en los trabajos de Nagy (1957) y Gellert (1962). Las ideas sobre el cerebro se abordan también en un estudio de Johnson y Wellman (1982) sobre la conceptualización infantil del cerebro y la mente como entidades diferentes.

Todos los trabajos coinciden en señalar que el cerebro aparece en los dibujos de los niños desde los 4-5 años y lo sitúan siempre en la cabeza.

Nagy (1953) investiga las ideas sobre el cerebro y los nervios al preguntar por el contenido de la cabeza. Señala en sus resultados que:

- La principal función atribuida al cerebro por los niños de 4 a 12 años es de tipo intelectual, siendo "pensar" la actividad más mencionada.
- La función atribuida a los nervios de la cabeza (sólo indaga los nervios en este contexto) es primordialmente "ponerte nervioso".

El trabajo de Gellert (1962) con una muestra entre los 5 y los 16 años, sólo se refieren a los nervios. Los resultados indican que:

- Los niños menores de 9 años aseguran que no tienen nervios, y los asocian con el estado de nerviosismo.
- A partir de los 9 años comienza a aparecer la idea de los nervios como componentes materiales del cuerpo. La principal función atribuida está relacionada con la percepción sensorial.
- Entre los 13 y 17 años comienzan a aparecer concepciones de los nervios como conductores de mensajes entre el cerebro y diferentes partes del cuerpo, o como elementos de aviso y protección. Estas ideas, sin embargo, son consideradas tan solo por un 30% de la muestra.

Johnson y Wellman (1982) estudian las ideas sobre el cerebro de niños entre 3 y 10 años, con el objetivo de analizar cuándo aparece la diferenciación entre

mente y cerebro, dado que el interés de los autores se centra en el desarrollo del mundo mental del niño. Los resultados que refieren son los más iluminadores en relación a las concepciones que sobre el cerebro y sus funciones tiene los niños pequeños.

La muestra está constituida por grupos de 14-17 sujetos correspondientes a nuestros niveles de infantil (3-4 años), preescolar (4-6 años), 3º de EGB (8-9 años), 5º de EGB (10-11 años), 1º de BUP, y adultos (20 años en adelante). El trabajo consiste en cuatro estudios consecutivos planteados a través de entrevistas estructuradas individuales. Las entrevistas se refieren a la localización del cerebro y de la mente, la necesidad de ambos o de alguno para la realización de actos corporales, y la relación del cerebro con diferentes partes del cuerpo.

Refieren los siguientes resultados:

- Los niños más pequeños piensan en el cerebro como necesario para una serie de actos muy limitados, todos estrictamente mentales-intelectuales.
- Aunque los infantes y preescolares tengan una visión disociada de la actividad humana (para realizar acciones como saltar, coger, ver, etc., no necesitan más que las partes periféricas), no parecen confundir el comportamiento mental con la conducta abierta (como Piaget mantiene). Esta conclusión se infiere del hecho de que los niños diferencien una categoría de actos mentales, que atribuyen al cerebro, de otros comportamientos corporales.
- A partir de los 8-9 años las ideas de los niños muestran una tendencia creciente a asociar el cerebro con actos motores y sensitivos. No obstante, en esta asociación el cerebro sigue cumpliendo funciones estrictamente cognitivas (ej.: el cerebro se necesita para andar, para que puedas saber a dónde vas).
- Únicamente en el grupo de los adultos se da una proporción alta de respuestas en las que el cerebro se concibe como necesario para todo tipo de actos senso-motores, incluyendo las respuestas involuntarias.

Reproductor-reproducción

Los estudios sobre este tema relatan preferentemente las concepciones sobre cómo se forman y nacen los niños. Nos limitaremos a exponer, a modo de ejemplo, los trabajos referidos por Giordan y Vecchi, cuyos resultados son coincidentes con los de otros autores que tratan el tema.

Giordan y Vecchi (1987) señalan que desde los 8-10 años los niños actuales tienen ideas relativamente exactas acerca de la forma de hacer los bebés: crecen en la barriga de mamá y las intervenciones de los dos sexos se explicitan afirmando que el papá pone una semilla en el cuerpo de la madre.

La concepción de que el bebé es el producto de una "fecundación" y de un "desarrollo" se encuentra en un 80% de los niños de 10 años. Sin embargo, un análisis más detallado del significado de estas ideas desvela la existencia de, al menos, tres representaciones distintas:

- 1 - *Preformismo femenino*: el niño pre-existe en el interior del óvulo aún antes de que comience el desarrollo.
- 2 - *Preformismo masculino*: el espermatozoide incluye al futuro bebé.
- 3 - *Epigénesis*: el niño es el resultado de la mezcla de las semillas masculina y femenina.

En una muestra de niños de 12 a 14 años, los autores citados encuentran estas tres concepciones en las proporciones siguientes:

- 75% se inclinan por el *preformismo masculino*;
- el 5% explican el desarrollo en términos de *preformismo femenino*;
- el 20% conciben algún tipo de *epigénesis* en la formación de los bebés.

En este y otros trabajos relativos al tema, Giordan (1986) realiza estudios comparativos del desarrollo de las ideas de los niños con concepciones sostenidas por la ciencia en otras épocas históricas. No se trata, como señalan éste y otros autores, de que el aprendizaje conceptual del niño reproduzca el camino histórico, ni de construir secuencias didácticas basadas en el proceso histórico, sino más bien de ofrecer a los profesores e investigadores sistemas de referencia para estudiar por comparación los procesos de aprendizaje de los niños.

Factores explicativos de las ideas de los alumnos

La mayor parte de estos trabajos, centrados en la descripción de las representaciones de los alumnos, sólo refieren de modo secundario alguna hipótesis relativa a los factores que explicarían la existencia de determinadas ideas. Son los que hemos denominado explicativos los que se proponen dar cuenta de la génesis y evolución de las ideas de los niños sobre el cuerpo humano.

Antes de pasar a la relación de este segundo grupo de trabajos, daremos cuenta de factores que aparecen como posibles causas de las ideas de los niños en los trabajos descriptivos que acabamos de analizar.

Factores socio-educativos y perceptivos

Entre los aspectos invocados como causantes de las ideas de los niños sobre el cuerpo aparece uno, de carácter complejo, constituido por la integración de factores sociales y experiencias personales.

Gellert (1976), apunta la hipótesis de que la limitación y convergencia de las ideas de los niños y jóvenes pueda deberse, en parte, a la transmisión social y a la homogeneidad de las fuentes de información utilizadas en determinados contextos (en su caso el personal sanitario del hospital), así como a las observaciones y experiencias personales sobre el propio cuerpo.

Cubero (1988), subraya la influencia de creencias culturales sobre el cuerpo, implícitas y explícitas, en las ideas de los niños: Nagy (1953) y Jonson y Wellman (1982), hacen referencia a la incidencia de las expresiones utilizadas en el lenguaje común; y Quiggin (1977), señala que muchas de las ideas incorrectas de los alumnos están basadas en sus observaciones directas.

Es importante señalar que las "observaciones o experiencias directas" que los niños realizan sobre su cuerpo son únicamente aspectos muy parciales de procesos que se desarrollan fuera del alcance de su observación. Lo que presumiblemente ocurre con estas observaciones, es que los alumnos las interpretan desde un marco más amplio basado en la intuición o el sentido común. Esta es la explicación que proponen Méndez y col. (1983) para dar cuenta del modelo de "trayecto continuo de los líquidos" por el interior del cuerpo que mantienen incluso individuos adultos. Señalan estos autores que este modelo viene reforzado por la experiencia cotidiana de que tras beber mucho se orina y por el convencimiento intuitivo de que entre un orificio de entrada y otro de salida debe de existir un camino continuo.

Factores relacionados con la instrucción

La persistencia de ideas intuitivas o erróneas tras la instrucción ha llevado a varios autores a señalar la inadecuación de diversos aspectos de la misma para provocar los cambios deseados.

Nagy (1953) afirma que si los niños y jóvenes no desarrollan sus ideas sobre el cuerpo al nivel de sus capacidades se debe, en gran medida, a que no se les plantean del modo adecuado.

Giordan y Vecchi (1987), Méndez y col. ((1986), INRP (1976), y en general la línea francesa, mantienen que la persistencia de las representaciones intuitivas se debe a que la enseñanza científica no tiene en cuenta al público al que se dirige. La apropiación del saber científico requiere un cambio radical en la relación educativa, porque no es tan sencillo lograr que las personas cambien las ideas que han construido a lo largo de su vida. Este grupo subraya la no funcionalidad de los conocimientos adquiridos en la instrucción, lo que lleva a los alumnos a funcionar con un doble modelo explicativo: el modelo más intuitivo, que es dominante, y el escolar, *que reproducen sin comprenderlo en ciertas situaciones.*

Banet y Núñez (1989) y Arnaudín y Mintzes (1985) coinciden en señalar que ni los profesores, ni los materiales de instrucción dedican espacios a que los alumnos hagan explícitas sus creencias. Esto dificulta los procesos de cambio, ya que no todas las ideas que mantienen los alumnos son de la misma naturaleza, ni requieren el mismo tratamiento didáctico.

Factores relativos a la estructura cognitiva

La mayoría de los estudios descriptivos no abordan directamente el análisis de la estructura cognitiva, como factor determinante de las ideas de los alumnos; sin embargo, la influencia de este factor está implícita en muchos de ellos.

Por ejemplo, Arnaudín y Mitzes, en su estudio sobre el circulatorio, abordan el tema del cambio conceptual y señalan:

- El *grado de reestructuración conceptual requerido* no es el mismo en todas las representaciones que los alumnos tienen en torno al circulatorio.

- La comprensión de algunos conceptos requiere principalmente la observación de regularidades en situaciones accesibles (por ejemplo problemas de estructuras anatómicas). Otros, sin embargo, requieren familiaridad con procesos no observables directamente (por ejemplo, relaciones circulatorio/respiratorio).
- En muchos casos, la aceptación de la explicación científica requiere de los alumnos aceptar modelos que resultan contraintuitivos o excesivamente novedosos en relación a sus estructuras mentales.

Banet y Núñez, en su estudio sobre el digestivo, se refieren al *nivel de diferenciación* de las nociones de los alumnos y a la existencia de *esquemas* en la estructura cognitiva de los alumnos. Cubero, tratando también los procesos digestivos, señala la importancia de los esquemas de conocimiento de los alumnos como *marcos de asimilación* de los nuevos conocimientos.

Los estudios que abordan más en profundidad la influencia de la estructura cognitiva en las ideas de los alumnos sobre el cuerpo humano, son los que hemos encuadrado en el grupo de estudios interpretativos que pasamos a referir a continuación.

5.3.2- Estudios interpretativos

Los estudios de Gellert (1962), Crider (1981) y Carey (1985), abordan el tema de las ideas de los alumnos sobre el cuerpo humano tratando de dar una explicación del por qué de estas representaciones. Los tres trabajos se sitúan desde una perspectiva del desarrollo evolutivo del pensamiento de los niños y jóvenes, pero son muy diferentes entre sí.

Gellert, tras su extenso estudio empírico de las ideas de niños y jóvenes entre 5 y 17 años sobre el cuerpo humano, es la primera en intentar poner de manifiesto tendencias en el desarrollo evolutivos relativas a la cantidad y naturaleza de dichas ideas. Compara sus resultados con las teorías de diversos autores sobre el pensamiento infantil, Piaget entre ellos, y discute sus puntos de discrepancia o coincidencia con ellos.

Crider se propone dar una interpretación más articulada, desde el punto de vista teórico, de la evolución de las ideas de los niños sobre el cuerpo. Toma como

referencia las teorías del desarrollo de Werner (1947) y Piaget (1929, 1958), y como datos empíricos los proporcionados por Nagy y Gellert, además de un trabajo que ella misma realiza entrevistando a 21 niños de 6 a 12 años, pero que no describe.

Carey tiene como objetivo general de la mayor parte de sus trabajos la explicación del cambio conceptual, desde una alternativa a la propuesta piagetiana. Su trabajo sobre el cuerpo humano es uno de los ejemplos con que documenta su teoría sobre dicho cambio, en una obra más extensa dedicada a la adquisición del conocimiento biológico en los niños. Toma los datos empíricos sobre las ideas de los niños y el cuerpo humano que existen en la literatura, y los interpreta desde los procesos de reestructuración implicados en el cambio cognitivo.

Pasamos a exponer brevemente las principales aportaciones de estos estudios.

Gellert: tendencias evolutivas en las ideas sobre el cuerpo

Parte esta autora de tres asunciones básicas en la interpretación de sus resultados:

- a) en el proceso de desarrollo, el conocimiento experimenta cambios *cualitativos* tanto como *cuantitativos*;
- b) las creencias de los niños revelan las ideas y valores básicos de su sociedad;
- c) el significado asignado a las sensaciones, así como a las diferencias perceptivas de las mismas, puede estar relacionado con el estado psicológico del sujeto.

La primera de sus conclusiones refiere que: en la mayor parte de los casos, la edad modal para dar respuestas correctas está entre los 10-12 años. Conviene aclarar qué significa para Geller "respuestas correctas".

El criterio para determinar la "madurez" de las respuestas individuales es la norma de respuestas de los individuos mayores de la muestra (16-17 años). Geller señala que las respuestas de los sujetos mayores de la muestra tienden a ser bastante uniformes, por esta razón se utilizaron como estandar de referencia para establecer la madurez relativa de las respuestas de toda la muestra. Desde este presupuesto, la edad más baja en la que al menos el 50% de las respuestas

coinciden con la del grupo más adulto, se considera como la edad modal de respuestas maduras en relación a un tema.

Respuestas correctas significa, por tanto, adecuación a la norma adulta de respuesta, y no a la norma científica, o a la ciencia propuesta en un determinado nivel escolar.

Los datos confirman que, en torno a los 9 años, se produce un considerable aumento de los conocimientos de los niños relativos al cuerpo humano.

Las ideas sobre cada aspecto concreto del cuerpo humano (circulatorio, digestivo, etc.) refleja la existencia de un número limitado de concepciones en los niños. Estas concepciones se ponen de manifiesto, sobre todo, en la repetición de las mismas ideas erróneas, especialmente en los niños de edad similar.

Los resultados le permiten plantear cuatro hipótesis sobre el modo en que las sensaciones y observaciones personales sobre el cuerpo pueden reflejarse en las ideas sobre el mismo:

- 1ª. Las partes corporales que emiten poca o ninguna sensación se imaginan más pequeñas que las que pueden ser sentidas con frecuencia o con intensidad.
- 2ª. Los órganos cuya función se conoce mejor se creen mayores que aquellos cuya función se desconoce.
- 3ª. Cuanto mayor es la ignorancia sobre la verdadera función de un órgano, más diversas son las teorías sobre su funcionamiento.
- 4ª. Cuanta menos sensaciones emana un órgano, más pobre es la información de los niños sobre su función.

En las ideas de los niños más pequeños se dan las características siguientes:

- el pensamiento egocéntrico aparece más que en los mayores;
- los menores de 9 años dan respuestas en términos de pensamiento concreto;
- los menores de 8 años explican el funcionamiento de los órganos corporales en términos de necesidad moral, "se necesita para vivir";
- aún entre los más pequeños, no aparecen explicaciones de las funciones en términos mágicos o no realistas; cuando no las conocen contestan con "no sé", o "es necesario para vivir".

Con la edad, a medida que los niños conocen más cosa, las concepciones del interior del cuerpo en términos de ingredientes sueltos y transitorios, que predominan en los más pequeños, van dando paso al afianzamiento progresivo de estructuras permanentes y a los mecanismos de procesos como los digestivos, respiratorios, etc. Esto corrobora la hipótesis de que con la edad hay un incremento en la conciencia de la articulación de los diversos sistemas corporales.

Para Gellert, la diferencia cualitativa más notable entre las respuestas de los niños más pequeños y las de los mayores es esta: los más jóvenes basan muchas de sus explicaciones en *relaciones externas* y en analogías superficiales, mientras que los mayores lo hacen en términos de *principios generales de orden superior*.

Crider: Los Niveles de Conceptualización sobre el cuerpo

Crider (1981), sobre los datos de Nagy (1953) y de Gellert (1962) establece una serie de Niveles de Conceptualización sobre el cuerpo humano fundamentándolos en las teorías del desarrollo de Werner (1947) y Piaget (1929, 1958).

Los niveles de conceptualización no son equivalentes a la idea de etapas piagetianas; son, no obstante, secuenciales y constituyen estándares formales que pueden servir de patrón comparativo del pensamiento de individuos diferentes o de un mismo sujeto.

Tampoco se corresponden estos niveles con una generalización de las categorías que Gellert establece para los diferentes órganos y funciones. La principal crítica que Crider realiza a dichas categorías se refiere a su estructuración en torno al contenido de las respuestas, y a la utilización de la norma adulta como nivel más alto de desarrollo. Para Crider, el consenso en una determinada edad no constituye un criterio acertado del nivel de desarrollo. Los niveles de desarrollo deben describir secuencias formales y no normas estadísticas.

Desde la perspectiva de Crider, el desarrollo conceptual es, en buena parte, un proyecto lógico; por tanto, comienza con un análisis de la organización jerárquica implícita en "formas maduras de pensamiento y conducta". Para establecer la

secuencia de desarrollo sobre el cuerpo humano hay que preguntarse "*qué distinciones e integraciones subsecuentes son necesarias para pensar sobre el cuerpo humano en nuestros sofisticados términos adultos*" (p. 53). No clarifica la autora si estas sofisticadas formas maduras se corresponden con la estructura conceptual del pensamiento científico sobre el cuerpo humano, o se refieren más bien al modo de razonamiento que tipifica el pensamiento formal piagetiano.

Volviendo a los Niveles de Conceptualización, cada nivel sobre el cuerpo está referido a un determinado momento de diferenciación/integración de estructuras y funciones corporales. La secuencia de los niveles procede desde un primer estado de pensamiento global sobre el cuerpo, en el que no hay diferenciación entre estructura y función, hasta un último nivel de diferenciación e integración jerárquica de estructuras y funciones.

Crider no especifica con nitidez los niveles, pero nosotros, a partir de su trabajo, hemos realizado la interpretación que aparece en el Cuadro 5.2.

Para Crider, las ideas de los niños sobre el cuerpo son más limitadas que erróneas, y los niveles pueden ser útiles para dar sentido a dichas ideas, colocándolas en una secuencia de diferenciación e integración que, además, nos proporcionan la dirección de su futuro desarrollo.

Para explicar por qué los niños reconocen unos órganos antes que otros, la autora recurre a la siguiente explicación: los primeros órganos reconocidos por los niños son aquellos que pueden ser "facilmente percibidos", como el corazón o los huesos; en segundo lugar, se reconocen órganos que -aún no siendo tan perceptibles- son fácilmente conceptualizados como "contenedores", como el estómago o los pulmones; en último lugar aparecen aquellos órganos que sólo se conocen cuando se convierten en "conceptualmente necesarios" para explicar determinados niveles del funcionamiento corporal. Así sucedería con los nervios o el hígado.

Para Crider, todas las ideas de un niño sobre el cuerpo pueden no corresponder exactamente al mismo nivel de conceptualización. Pero, el análisis de las ideas en función de los niveles propuestos puede ser de gran utilidad al profesor para clarificar la amalgama de ideas de un niño y anticipar la trayectoria posterior de su pensamiento.

Cuadro 5.2- Los Niveles Conceptuales de Crider (interpretación nuestra)

NIVELES DE ORGANIZACION DE CRIDER	
<p><i>No diferencian estructura y función</i> Conceptualización basada en actividades globales observables</p> <p>Reconoce ciertas partes internas por localización espacial</p>	
Nombra pocos órganos internos.	<p>Cada órgano es el centro y origen de una función poco diferenciada.</p> <p>Funciones expresadas en términos de actividades y estados percibidos (jugar, estar vivo)</p>
Especifica la naturaleza de los órganos en términos de atributos perceptivos.	<p>Funciones en términos de actividades perceptibles, o por contigüidad espacio temporal.</p> <p>Todas las formas de movimiento corporal asimiladas unas a otras.</p>
<p>Estructura y función claramente diferenciadas y relacionadas entre sí por un tercer factor (movimiento de sustancias).</p>	
Los órganos conceptualizados como contenedores en una secuencia de desplazamientos.	<p>Cada órgano sigue siendo el locus de una función.</p> <p>Funciones como desplazamiento de sustancias.</p>
<p>Nueva coordinación estructura-función</p> <p>Los órganos como agentes activos en el desplazamiento de sustancias</p>	
<p>Diferenciación del movimiento de órganos y sustancias que se relacionan de modo coordinado o reversible.</p>	
Las estructuras pueden ser aún definidas de modo animista, como los agentes de las transformaciones.	<p>Concibe la transformación de sustancias específicas en el interior de órganos.</p> <p>Las transformaciones pueden tener un estatus moral.</p>
<p>Diferencia varios niveles de organización y transformaciones.</p> <p>Cambia el nivel de análisis de órganos a sustancias y de células a reacciones.</p> <p>Las transformaciones son coordinadas y/o reversibles.</p>	

Nivel Creciente De Diferenciación/Integración

Carey: el cambio conceptual

Las ideas de esta autora sobre el cambio conceptual y la adquisición del conocimiento biológico han sido referidas en capítulos anteriores, por esto recordaremos aquí lo que se refiere de modo explícito al cuerpo humano.

Siguiendo su teoría del desarrollo cognitivo, la evolución del pensamiento infantil sobre el cuerpo acontecería del modo siguiente.

En torno a los 10 años, y no antes, los niños explican el funcionamiento del cuerpo en términos de una biología intuitiva en la que diferentes órganos funcionan coordinados para mantener la vida. Aunque las explicaciones de los niños no son científicamente correctas (se irán perfilando a lo largo de la adolescencia), a esta edad ya se conceptualiza el cuerpo como una máquina que mantiene la vida. Este modo de pensamiento es esencialmente diferente al de los niños menores de 10 años.

Para los preescolares, y hasta los 10 años, el marco explicativo del funcionamiento corporal es el comportamiento humano. Comer, respirar, el latir del corazón, etc., se interpretan desde el mismo punto de vista que jugar o ir de paseo: todo tiene una causa intencional.

Este modo de pensamiento se comprende si se tiene en cuenta que parte de las actividades humanas (comer, dormir, tener niños, etc.) tienen un componente psico-social y otro biológico. Los niños más pequeños, ocupados en una tarea de aprendizaje social, lo explican todo en términos de deseos y creencias: comer, por ejemplo, es algo que la gente hace y que tiene unas consecuencias personales para el niño (se tiene o no hambre, se le regaña si no come, en diferentes horas se comen cosas distintas, etc), la respiración se puede "suspender" bajo el agua, el corazón es para querer a la gente, etc. Según Carey, *"no hay nada erróneo en asimilar todos estos comportamientos en una psicología intuitiva; todos tienen allí un rol válido"* (p.69).

Cuando los niños de más de 10 años explican esos mismos comportamientos, aunque lo hagan de un modo finalista, no los expresan en términos intencionales. Mantener la vida se convierte en el principal argumento de razón para explicar el funcionamiento orgánico. Los aspectos de comer, respirar, qué hacen los órganos,

etc., de que hablan estos niños, no son los mismos que los que explican los preescolares en términos psicológicos.

Estos cambios en el alcance y estructura de lo que explican los niños mayores, son los que Carey aduce para poner de manifiesto el paso de una psicología intuitiva a una biología intuitiva para dar cuenta del funcionamiento corporal. Este cambio supone la existencia de una reestructuración fuerte, la emergencia de una nueva teoría en la mente infantil. Carey sugiere que esta reestructuración tiene lugar cuando se han aprendido diferentes aspectos del funcionamiento biológico; cuando se alcanza una cierta "masa crítica" de conocimientos.

En el caso el cuerpo humano, entre los 4 y 10 años de edad se produce en los niños un considerable aumento de conocimientos, cuya interconexión parece deducirse de lo expuesto en los trabajos existentes: todos coinciden en que en estas edades se producen cambios importantes en los conocimientos de los niños sobre el cuerpo. Sin embargo, este cambio no se debe atribuir a cambios en las características del pensamiento del niño en términos piagetianos:

"La complejidad creciente de esta comprensión infantil tipifica todos los ejemplos de cambios novicio-experto, todos los ejemplos de emergencia de teorías, independientemente de la edad de los sujetos" (p. 71)

5.3.3- Trabajos orientados a la práctica escolar

Una buena parte de los estudios relativos a las concepciones sobre el cuerpo humano se encuadra en el contexto escolar. Sin embargo, las referencias a la instrucción son de tipo general; la mayor parte de los trabajos señalan la importancia de tener en cuenta en la instrucción determinados aspectos de las ideas de los alumnos, y solo un par de trabajos se centran en el desarrollo de modelos de instrucción que tengan en cuenta estas ideas.

Todos los trabajos ponen de manifiesto la importancia de que el profesor conozca el estado de las ideas de los alumnos, y la relevancia de utilizar los conocimientos de los estudiantes en la planificación y desarrollo de la instrucción.

Algunos trabajos subrayan la importancia del contexto conceptual en el que se sitúan los temas del cuerpo humano. La práctica más común consiste en plantear el estudio de la anatomía y fisiología humana de forma excesivamente compartimentalizada y muy centrada en los aspectos anatómicos. Es necesario planificar este aprendizaje desde un contexto más amplio que permita relacionar mejor los procesos orgánicos (Banet y Nuñez, 1989), o bien organizarlos en torno a "conceptos estructurantes" en los que los conceptos particulares adquieran sentido (Mendez y col., 1986).

En otros casos se señalan aspectos conceptuales clave que deben ser abordados en la instrucción de temas específicos, por constituir obstáculos en el pensamiento de los alumnos (Banet y Nuñez 1988).

Para facilitar el cambio de las ideas de los alumnos hacia concepciones más científicas se recomienda el uso de algunas técnicas específicas como los mapas conceptuales y/o el uso de estrategias de confrontación (ej., las observaciones anómalas o los hechos discrepantes) que propicien el conflicto cognitivo en los alumnos (Arnaudín y Mintzes, 1985; Banet y Nuñez, 1989).

Como aportación de estrategias de intervención más concretas, Mintzes (1984) da cuenta de una programación de cinco lecciones sobre el circulatorio para 5º/6º de EGB, basadas en estrategias de confrontación de las ideas de los alumnos. Cada lección se concentra en un aspecto de la estrategia del cambio conceptual. El Cuadro 5.3 esquematiza la propuesta de Mintzes.

Guyon (1987) describe pormenorizadamente una secuencia didáctico-metodológica para la construcción del concepto de respiración por los alumnos de 16-17 años. Señala tres premisas básicas a tener en cuenta:

- a - La necesidad de que los alumnos conozcan sus representaciones y se esfuercen por modificarlas.
- b- Que el profesor favorezca la confianza de los jóvenes en sus propios razonamientos.
- c - La necesidad de disponer de materiales variados que los alumnos puedan manejar.

La estrategia utilizada por Guyón consiste en la realización de trabajos personales y en grupo en el marco de un proyecto colectivo cuya formulación es: ¿Qué necesitamos saber para comprender la respiración?

Cuadro 5.3- Lecciones de Mintzes (1984) sobre la circulación

LECCION	FASE CAMBIO CONCEPTUAL	OBJETIVOS	TIPO ACTIVIDADES
1	Adquirir experiencia directa	<ul style="list-style-type: none"> - diferenciar arterias y venas - discutir la función del corazón - trazar el camino de una gota de sangre desde el corazón a un órgano y la vuelta 	<ul style="list-style-type: none"> - disecciones - explicación del profesor
2	Sugerir explicaciones alternativas	<ul style="list-style-type: none"> - Proponer una teoría relativa al flujo de sangre hacia y desde un órgano concreto 	<ul style="list-style-type: none"> - problemas: el viaje de una gota de sangre por el cuerpo
3	Debatir puntos de vista alternativos	<ul style="list-style-type: none"> - Defender explicaciones alternativas del s. circulatorio (cerrado vs abierto) - Identificar ventajas e inconvenientes de cada una 	<ul style="list-style-type: none"> - Debates en grupo pequeño y grande
4	Considerar observaciones discrepantes	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar entre varias explicaciones la más consistente con las observaciones del flujo de sangre en capilares 	<ul style="list-style-type: none"> - observaciones de circulación capilar al microscopio
5	Reorganizar la estructura cognitiva	<ul style="list-style-type: none"> - Debatir la función de los capilares en el sistema cerrado de circulación 	<ul style="list-style-type: none"> - película - debate

Tanto en la propuesta de Guyon como en la de Mintzes, la fase de confrontación de las ideas personales ocupa un lugar central en el proceso del cambio conceptual. Pero, mientras que en la estrategia de Guyon este momento se encuadra en el contexto de las discusiones de grupo y en el debate general, Mintzes lo provoca subrayando la mediación de observaciones empíricas que discrepan de las ideas que mantienen los alumnos.

6. DISEÑO Y METODOLOGIA DE TRABAJO

6.1- Enfoques metodológicos. Un poco de historia.

Hasta finales de los años 70 las investigaciones en didáctica de las ciencias se encuadran en el "paradigma científico" de investigación, caracterizado por medir aspectos cuantitativos del conocimiento y el uso de métodos estadísticos duros. *Hacia finales de los años 80 el panorama ha cambiado.* West y Pines (1985) señalan dos nuevas tendencias que caracterizan la investigación en didáctica de las ciencias: 1) el desplazamiento hacia la psicología cognitiva y 2) la adopción de métodos cualitativos.

Las razones de esta evolución en los planteamientos de este "Invisible College"(*) han sido bien documentadas (Gutiérrez, 1987) y entre los factores que más influyeron nos interesa destacar: a) la apertura epistemológica y b) la apertura interdisciplinar.

a) La apertura epistemológica.

Durante muchos años, el conocimiento -variable central de las investigaciones didácticas- se ha considerado como algo objetivo localizado en las disciplinas, y los métodos psicométricos han sido efectivos en muchos casos midiendo diversos aspectos de este conocimiento en los alumnos. Pero, durante las última décadas, las aportaciones de la psicología cognitiva, la epistemología y las teorías del procesamiento de la información han hecho variar el concepto de conocimiento haciéndolo más complejo y sobre todo, atribuyéndole una naturaleza más "psicológica". Esta naturaleza se refiere, según Shuell (1985), a su localización y a las formas distintas que el conocimiento puede adoptar.

Un determinado cuerpo de conocimientos no se localiza sólo en las disciplinas correspondientes, sino también en las mentes de las personas, sean estas

(*) Nombre atribuido a una comunidad científica que trabaja en diversos países, compartiendo objetivos y métodos.

científicos, profesores o alumnos. Las expresiones *entendimiento público* y *entendimiento privado* de la ciencia aparecen para diferenciar diversas localizaciones del conocimiento. Gilbert, Watts y Osborne (1985) establecen cinco posibles localizaciones de los conocimientos relativos a las ciencias: 1) la ciencia de los científicos, 2) la ciencia curricular, 3) la ciencia de los profesores, 4) la ciencia de los niños (pequeños) y 5) la ciencia de los alumnos (mayores). Es útil tener en cuenta estas diferencias cuando se quiere lograr una comprensión adecuada de las representaciones del conocimiento en el contexto escolar.

La otra distinción se refiere a diferentes tipos de conocimiento que pueden existir en cualquiera de las localizaciones citadas. La psicología pone de manifiesto que el conocimiento no es todo igual y una de las distinciones más comunes es la que se realiza entre *conocimiento proposicional* o declarativo (saber qué, o el cuerpo organizado de conocimientos sobre algo) y *conocimiento procedimental* (saber cómo hacer, o habilidad de llevar a cabo una serie de procedimientos para realizar una actividad). Estos dos tipos de conocimientos no se adquieren simultáneamente; conocer algo no significa, por tanto, ser capaz de utilizar esa información procedimentalmente, y a la inversa.

En nuestro caso, el conocimiento que investigamos en los alumnos es preferentemente de tipo proposicional; no obstante, se indaga asimismo la capacidad de los alumnos para aplicar sus conocimientos en contextos de la vida diaria.

b) La apertura interdisciplinar.

Durante la década de los 70 se produce la crisis del movimiento de reforma curricular en ciencias, que había sido el eje de la investigación y el desarrollo didáctico durante los años 60, desencadenada en parte por las evaluaciones a nivel nacional sobre la enseñanza de las ciencias llevadas a cabo en USA (Harms y Yager, 1981). Estas evaluaciones señalan que las características de los profesores y alumnos en el proceso de aprender, los cambios sociales y escolares, etc. no se han tenido en cuenta y que los objetivos de una educación científica básica deben ser más amplios que la preparación de los futuros científicos (Yager, 1991).

Estos cambios de perspectiva en la enseñanza de las ciencias hace que la investigación didáctica se abra a dimensiones hasta el momento poco consideradas.

La literatura producida en los últimos 10 años pone de manifiesto una tendencia particularmente notable: el interés de los investigadores por la psicología del aprendizaje.

Los cambios experimentados en las concepciones de los investigadores sobre el aprendizaje de las ciencias han favorecido la aceptación del paradigma metodológico cualitativo en los años 80, y su incorporación a la investigación, sin dejar de subrayar al mismo tiempo la complementariedad de los modelos cuantitativos para dar cuenta de la realidad que se intenta estudiar (Rist, 1982; Roberts, 1982; Welch, 1983). Los estudios cualitativos son predominantes en los numerosos trabajos que buscan descifrar, de alguna manera, la estructura cognitiva de los estudiantes.

Nuestro trabajo toma una orientación cualitativa por tratarse de un estudio descriptivo-diagnóstico de la evolución conceptual de los alumnos en un campo de la biología no documentado en la literatura. Tipificar de algún modo esta evolución requiere tratamientos en profundidad de cada sujeto -y por tanto muestras reducidas- para disponer de datos que nos permitan hacer emerger las características definitorias del pensamiento de los sujetos. La pérdida de generalización de los resultados obtenidos en el estudio se compensa, no obstante, con la posibilidad de generar hipótesis que den lugar a trabajos subsiguientes en este campo.

6.2- Tipos de datos requeridos

Para contestar las cuestiones planteadas en el capítulo 4, los datos que se necesitan son de dos tipos: unos relativos a la evolución del conocimiento de los alumnos, y otros a la instrucción sobre el SN. Estos dos conjuntos de datos se desglosan a continuación.

Datos sobre el pensamiento de los alumnos.

Hace falta explicitar las ideas que los alumnos tienen sobre el interior del cuerpo humano en general y sobre el SN en particular en los momentos siguientes:

- > antes de iniciar la escolaridad formal (preescolar).

- > cuando van a comenzar el estudio sistemático del interior y funcionamiento del cuerpo humano (3º de EGB),
- > tras varios años de aprendizaje sobre el cuerpo humano, en los que no se ha hecho referencia al SN (final 7º de EGB),
- > tras la instrucción formal sobre el SN (final 8º de EGB).

Datos sobre el contenido de la instrucción

Para conocer la influencia de la instrucción sobre el SN en las ideas de los niños, necesitamos información acerca del objetivo que se pretendía alcanzar con el estudio del tema. No está en la finalidad de este trabajo controlar cómo sucede la interacción didáctica, ni tampoco comparar los resultados de estrategias de instrucción diferentes para provocar el cambio conceptual. Sin embargo, al elegir analizar la evolución del pensamiento de los alumnos teniendo en cuenta un después de la instrucción formal sobre el SN, parece conveniente disponer de algunos datos sobre la misma que nos sean útiles en la interpretación de las variaciones que puedan ocurrir en la estructura conceptual.

Desde esta perspectiva ha parecido interesante analizar lo que denominamos: 1) *modelo conceptual del SN* propuesto por la instrucción, y 2) *intencionalidad instructiva*, que serían las matizaciones al modelo que las profesoras realizan. Estos datos se pueden extraer de tres fuentes:

- a.- El libro de texto que tienen los alumnos y/o los materiales que el profesor prepara para el estudio del tema. Estos datos nos proporcionan el modelo conceptual del SN que se propone a los alumnos (la ciencia curricular).
- b.- Los ejercicios de evaluación sobre el SN ponen de manifiesto: 1º) lo que las profesoras quieren comprobar sobre el aprendizaje de los alumnos; y 2º) las respuestas de los estudiantes en este contexto.
- c.- Entrevistas a las profesoras sobre: 1º) los objetivos que pretendían cubrir con el estudio del SN, y 2º) cuáles son, a su juicio, los conceptos centrales y los secundarios del tema en este nivel (ciencia del profesor).

Los puntos b y c corresponden a la intencionalidad instructiva.

Estos datos relativos a la instrucción se analizan en relación a la muestra de 7^o/8^o de EGB, por ser allí dónde se plantea por primera vez el estudio formal del SN.

6.3- Instrumentos de recogida de datos.

6.3.1- Problemas de instrumentación

Cómo acceder a la estructura conceptual es uno de los puntos más debatidos desde el comienzo de los trabajos relativos al pensamiento de los alumnos (Stewart, 1979; Sutton, 1980). La problemática se sitúa a dos niveles: primero, cuáles sean las técnicas más apropiadas para poner de manifiesto el conocimiento; y, segundo, de qué modo se representa este conocimiento para su análisis. En este apartado nos referiremos al primero de los aspectos y el segundo lo trataremos al plantear las técnicas de análisis de datos.

En el contexto de la metodología cualitativa se han desarrollado numerosas técnicas para elicitar el pensamiento de los alumnos, que Driver y Erickson (1983) organizan en un continuo entre un polo conceptual y otro fenomenológico. Las estrategias del polo conceptual colocan a los alumnos ante determinados conceptos o modelos de modo abstracto, sin referencia a ninguna tarea o situación concreta. Se les pide que establezcan relaciones, generalmente, mediante técnicas de tipo asociacionista. Las del polo fenomenológico consisten en tareas a realizar por el alumno u observaciones de tipo naturalista llevadas a cabo en el aula. Se señala el peligro de omitir aspectos importantes del pensamiento de los alumnos si se emplean exclusivamente técnicas de uno de los polos.

Las técnicas asociacionistas más empleadas son: asociación libre, asociación de palabras, árboles conceptuales, etc. (ejm.: Schaeffer, 1979; Jungwirth, 1988). Este tipo de estrategias han sido criticadas por considerar que no explicitan el "sentido" que el conocimiento tiene para la persona, sino más bien la distancia o familiaridad entre los conceptos que ésta le atribuye (Stewart, 1979; 1980; Sutton, 1980). Los críticos aducen que las citadas técnicas fallan al no manifestar el carácter proposicional del conocimiento, ni el "valor de verdad" de las asociaciones establecidas, dato importante si se quieren establecer comparaciones entre los conocimientos del alumno y las propuestas curriculares. Por otro lado, continúan los

críticos, estas estrategias pertenecen al marco conceptual conductista, cuya concepción del conocimiento no coincide con los presupuestos cognitivistas en que se apoyan gran parte de las investigaciones actuales.

Las técnicas anteriores se han modificado, bajo la influencia de las teorías del procesamiento de la información, dando lugar a otras que elicitán el *conocimiento proposicional* (ejm.: Stewart, 1980; Baird y White, 1982) en forma de mapas conceptuales.

También desde la teoría ausubeliana se han popularizado los mapas conceptuales, caracterizados por el énfasis en la estructuración jerárquica de los conceptos que se relacionan de forma proposicional (Novak, 1983; Novak y Gowin, 1984). Se achaca a estas estrategias el presentar una estructura cognitiva excesivamente estática al enfatizar la estabilidad, claridad y organización del conocimiento del alumno (Sutton, 1980). Además, los mapas conceptuales son idiosincráticos y difíciles de comparar y evaluar (Stuart, 1983), aún con el sistema establecido por Novak (1981). Por otro lado, los aspectos de logística en la elaboración de los mapas conceptuales distraen al alumno del cometido esencial de la tarea de explicitar sus ideas. Stuart (1983) señala, no obstante, la potencialidad de estos mapas conceptuales para analizar la estructura cognitiva de los alumnos.

Los *cuestionarios de elección múltiple*, han sido utilizados por varios autores. En algunos casos los distractores están basados en ideas o marcos alternativos identificados previamente en los alumnos, o en ciertas etapas de la historia de la ciencia (Wandersee, 1986). Una variante de los cuestionarios citados son los que se denominan de dos colas: la primera se refiere a la elección de la respuesta cerrada, y la segunda pide la justificación de la elección realizada (ejm.: Haslam, 1978; Treagust, 1988).

La utilización de los cuestionarios citados como instrumentos diagnósticos, tiene como objetivo categorizar a los alumnos en relación a sus ideas erróneas o alternativas, más que describir su estructura conceptual. La limitación de este tipo de estrategia estriba en lo laborioso de su construcción y en la cantidad de información requerida, no siendo útiles cuando existe poca documentación sobre los conceptos a investigar.

La entrevista es de las estrategias más utilizadas para conocer la ciencia de los alumnos. A partir de la entrevista clínica piagetiana se han desarrollado varias modalidades que difieren en el grado de estructuración o en los materiales utilizados para centrar el diálogo.

Posner y Gertzog (1982) documentan diversas adaptaciones de la entrevista clínica y señalan el inmenso potencial de esta estrategia para generar datos relativos a la estructura cognitiva; un potencial sólo limitado por la habilidad del entrevistador. Señalan estos autores la importancia de que la entrevista sea sensible al cambio conceptual de los alumnos y para ello recomiendan que la entrevista incorpore diferentes tipos de tareas.

Osborne y Gilbert (1980) y Gilbert, Wats y Osborne, (1985) crean las denominadas entrevista-sobre-ejemplos (interview-about-instances) y entrevista-sobre-situaciones (interview-about-events), para investigar la comprensión conceptual de los alumnos. Nos detenemos un poco en estos tipos de entrevistas por ser las que utilizaremos en nuestro trabajo.

La entrevista-sobre-ejemplos se fundamenta en las teorías de desarrollo conceptual que relacionan la comprensión de un concepto con la capacidad de categorizar ejemplos y no ejemplos de un concepto dado. Este tipo de entrevista consiste esencialmente en un diálogo mediado por un conjunto de tarjetas. Cada tarjeta es un dibujo de algo que puede ser o no ser un ejemplo del concepto a examen, que se denomina siempre de la misma manera. Ante cada tarjeta se le hace al niño siempre la misma pregunta: si lo que representa es o no un ejemplo, o un caso, de lo que para él significa el concepto en cuestión. Sea cual fuere la respuesta se pide al alumno que dé razones de por qué piensa así.

La entrevista-sobre-situaciones es más versátil que la anterior en su estructura y se emplea para conocer las ideas de los alumnos sobre aspectos o situaciones de la vida diaria. Estas situaciones se pueden presentar, bien mediante experiencias directas que se realizan ante ellos, o dibujadas en tarjetas. Para cada dibujo se preparan una serie de preguntas indicativas, relativas al fenómeno en cuestión, orientadas a que el entrevistado describa lo que ve y explique -desde su punto de vista- cómo cree que sucede aquello. A medida que la entrevista progresa se pueden investigar las ideas sobre conceptos científicos relativos al tema que

aparecen de modo espontáneo en la conversación del alumno, o que el entrevistador introduce oportunamente.

Ambos tipos de entrevista han sido utilizados para indagar las ideas científicas de los niños (Bell, 1891; Bell y Barker, 1982) y adolescentes (Stead y Osborne, 1982; Osborne y Cosgrove, 1983; Gilbert y col., 1985).

En algunas investigaciones, sobre todo en las relativas a conceptos sobre genética y sobre la teoría de la evolución se ha utilizado la técnica escrita de *resolución de problemas* de la vida cotidiana (Brumby, 1979; 1984; Jiménez Aleixandre, 1989). Se pretende poner de manifiesto la capacidad de los estudiantes para explicar situaciones utilizando los conceptos científicos que conocen. Se pueden obtener categorías relativas a los diferentes marcos alternativos utilizados en las respuestas. El escollo de esta estrategia estriba en la dificultad de encontrar problemas significativos de la vida diaria a los que los alumnos puedan responder poniendo en juego los conceptos que se pretende investigar. Por otro lado, también es difícil interpretar el significado atribuido a los conceptos empleados.

Como se deduce, todas las estrategias tienen sus facetas fuertes y sus limitaciones. Lo importante es decidir cuáles sean las más pertinentes para poner de manifiesto los conocimientos de los alumnos desde la perspectiva adoptada por la investigación. Lo más común es que se utilice más de una estrategia en el conjunto del trabajo.

6.3.2- Estrategias para la recogida de datos

La descripción que se realiza a continuación corresponde a las estrategias tal como se aplicaron a los alumnos de 7º y 8º de EGB.

Datos sobre el pensamiento de los alumnos

La *entrevista* es la estrategia básica que hemos utilizado para poner de manifiesto el conocimiento de los alumnos sobre el SN y el cuerpo humano. Además, hemos empleado también el *dibujo*. En una primera intervención (Prueba 1) se utilizan ambas estrategias. En la segunda intervención (Prueba 2) sólo se utilizó el dibujo.

Las mismas estrategias, pero con un nivel menor de complejidad, y asociadas de modo distinto, fueron utilizadas con los niños pequeños y se explicitarán en el capítulo metodológico correspondiente a ese estudio (Parte III).

Prueba 1: Entrevista y dibujos sobre el SN

> Determinación de enfoques y niveles

Un primer punto importante a decidir fué la determinación del nivel al que se plantearía la entrevista. Cualquier sistema biológico puede abordarse desde niveles de complejidad diferentes, y en el SN los niveles de complejidad son aún mayores por tratarse de un mecanismo regulador y coordinador. Tomando como referencia los libros de texto de EGB y BUP en los que se trata este sistema, se decidió seleccionar dos enfoques del SN y tratarlos a dos niveles diferentes.

Un enfoque lo denominamos fenomenológico y otro mecanicista. El primero se refiere a los aspectos anatómicos y descriptivos de funciones y el segundo a las facetas de la actividad funcional del SN.

Los niveles, que denominamos 1 y 2, son una adaptación de los niveles de conocimiento con que Pask caracteriza a los expertos: conocer qué y conocer por qué (Ogborn y Johnston, 1984). Conocer qué (nivel 1) está relacionado con los *conocimientos directos que el experto tiene sobre una cuestión*. Las preguntas a este nivel se refieren a cómo son las cosas y cómo suceden. Conocer por qué (nivel 2) es saber razones, son las bases para explicar el nivel 1 y se le llama *conocimiento reconstitutivo porque es necesario para la modificación y reconstrucción del nivel 1*.

Aplicado al tema del SN, el nivel 1 correspondería a una perspectiva macroscópica, general, de la anatomía y función del SN en el organismo humano; y el nivel 2 a la perspectiva celular o microscópica que daría cuenta de lo que sucede en el nivel 1. Estos enfoques y niveles se pueden visualizar de modo gráfico como indica la Tabla siguiente.

Tabla 6.1 - Niveles y enfoques del SN

	Nivel 1	Nivel 2
Fenomenológico	<ul style="list-style-type: none"> • componentes SN • funciones del SN <ul style="list-style-type: none"> - cerebro - nervios 	<ul style="list-style-type: none"> • diversidad centros nerviosos • tipos vías nerviosas • naturaleza impulso nervioso • especialización receptores
Mecanicista	<ul style="list-style-type: none"> • patrón general de la actividad nerviosa 	<ul style="list-style-type: none"> • transmisión nerviosa • transmisión impulso en neuronas

Durante la entrevista, el alumno es considerado como el experto en el tema y la tarea del entrevistador es elicitar y entender los conocimientos que dicho experto posee al nivel más profundo de explicación. Estos niveles y enfoques no significan que se vaya a elaborar un cuestionario estructurado sobre los mismos para dirigir la entrevista; son más bien referencias que guían al entrevistador para situarse ante las explicaciones de los entrevistados, y poder plantearles cuestiones nuevas a partir de sus argumentos.

> Estructura de la entrevista

La entrevista consta de tres partes: una referida a situaciones, otra relativa al SN en el contexto del cuerpo humano, y otra sobre ejemplos de intervención/no intervención del SN en la actividad corporal.

Parte I: Las situaciones

La parte de la entrevista relativa a situaciones pretende poner de manifiesto cómo explican los alumnos determinados funcionamientos corporales y hasta que punto aplican los conocimientos que poseen sobre aspectos del SN para apoyar esta explicación. Se han seleccionado tres tipos de acciones que habían resultado sencillas a los alumnos, sobre la experiencia de las investigadas en el trabajo exploratorio:

- percepción sensorial (vista) de objetos y su reconocimiento;
- acto motor (dar una patada);
- sensación de dolor en un pie.

Estas acciones se presentan a través de 4 viñetas que componen una historia (Ver Anexo). Cada viñeta representa una situación relativa a una acción comportamental de las categorías antes mencionadas.

Una vez que el alumno describe la historia completa, se le pide que se centre en la primera viñeta y que realice la acción que está sucediendo allí. Se le pregunta a continuación cómo cree que funciona el cuerpo para poder realizar aquella acción. A partir de ahí se sigue la entrevista teniendo como referencia un esquema indicativo de posibles cuestiones a los dos niveles mencionados (Ver Anexo). Se lleva a cabo una primera conversación sobre las 4 viñetas manteniendo las preguntas al nivel 1 para pasar en una segunda gira (o al terminar cada viñeta si el alumno ha entrado de manera espontánea) al nivel 2. Para facilitar la comprensión de las respuestas de los alumnos se les pide que realicen dibujos esquemáticos de lo que nos explican en cada viñeta.

Parte II: Dibujar el SN

Se le proporciona al alumno una silueta del cuerpo humano y se le pide que dibuje lo que conoce o cree sobre el SN y que vaya nombrando en voz alta los elementos que dibuja.

Esta sección amplía la anterior, en la que el alumno puede haber nombrado cómo el SN o partes del mismo han intervenido en las acciones. Se pretende elicitación los conocimientos sobre el SN desde un planteamiento más organizado y generalizado que en la sección anterior. También se plantean las preguntas a los dos niveles señalados, procurando que no resulte una conversación reiterativa si ya ha hablado de él con anterioridad.

Parte III: Los ejemplos

Se tienen preparadas 12 tarjetas, cada una con un dibujo relativo a una actividad del cuerpo. El nombre de la actividad está escrito en la tarjeta como título. Debajo de cada dibujo se repite en todas las tarjetas la misma pregunta a contestar, ¿Interviene aquí el SN? (Ver Anexo).

Las tarjetas representan ejemplos de actividades en las que interviene directamente el SN y algunas en las que no interviene. Una vez contestada la

pregunta se le pide al entrevistado que diga por qué cree que interviene/no interviene el SN.

El objetivo de esta parte de la entrevista es conocer el sentido que tiene para los alumnos el concepto SN en actividades biológicas de naturaleza diferente a las planteadas en las situaciones de la parte I, y dialogar sobre contradicciones, faltas de congruencia, o aspectos poco claros en relación a lo expresado en las partes anteriores.

Prueba 2: Dibujos sobre el cuerpo humano

Los dibujos del contenido del cuerpo tienen una doble finalidad: primera comprobar las representaciones del SN en relación a las de otros sistemas; y segunda, tener algún referente para comparar los conocimientos de esta muestra sobre otros sistemas corporales, con algunos de los resultados descritos por otros autores.

Se le entregó a cada alumno una silueta del cuerpo y se les pidió que dibujaran en ella todo lo que conocen sobre el interior del mismo, rotulando los dibujos con sus nombres correspondientes. (Ver Anexo)

Datos sobre la instrucción

1.- Entrevista a las profesoras

Los datos relativos a la intencionalidad instructiva se recogieron mediante una entrevista personal, mantenida con cada una de las 2 profesoras de Ciencias de 8º de EGB, una vez finalizada toda la recogida de datos de sus alumnos.

La conversación giró básicamente en torno a cuatro puntos: 1) cuáles eran los objetivos que pretendían cubrir con el estudio del SN, en el contexto del conocimiento sobre el cuerpo humano; 2) cuáles eran para ellas los conceptos eje o fundamentales, y cuáles los secundarios del tema del SN; 3) qué estrategias de instrucción se utilizaron; y 4) qué dificultades percibieron que tenía el tema para los alumnos.

2. Documentos escritos relativos a la instrucción

Para completar datos sobre la instrucción se recogieron los siguientes tipos de documentos para su análisis:

- las programaciones de las profesoras, que ambas tenían escritas;
- los libros de texto y consulta utilizados por los alumnos para el trabajo sobre el tema;
- cuadernos de trabajo de los alumnos (sólo uno de los centros los utilizaban);
- ejercicios de evaluación de alumnos sobre el SN.

6.4- Muestra seleccionada

Para conocer las ideas de los niños sobre el cuerpo humano (lo que hemos denominado estado básico o inicial del conocimiento y primera evolución hasta 3º de EGB), al seleccionar la muestra nos limitamos a un centro escolar (mixto concertado). Al pretender identificar cómo son las conceptualizaciones primeras de los niños, la variable que más podría sesgar la muestra era el nivel socio-cultural. Conociendo que dicho nivel es medio alto en las familias que acceden al centro, asumimos que los niños estaban en condiciones óptimas para que el desarrollo conceptual fuera rico.

Para analizar la segunda fase de la evolución (la que tiene lugar durante los años de escolaridad en que se estudia el cuerpo humano), pareció importante tener en cuenta la posible influencia de la variable centro, y se seleccionaron dos distintos. Uno, el mismo en el que se llevó a cabo el estudio con los niños pequeños, y un segundo centro, público y también mixto. Aunque se pretendió igualar en lo posible la variable socio-cultural, en conjunto, el nivel socio-familiar del centro público es un poco más bajo que el del privado. La diversificación público-privado no se debió al interés por diversificar la naturaleza de los centros, sino a la facilidad que nos brindaron estas profesoras para poder entrevistar a sus alumnos y proporcionarnos los datos requeridos.

La diversificación de los centros pretendía detectar si existían diferencias en los conocimientos de los alumnos que pudieran estar relacionadas con los estilos de enseñanza, tomados éstos en sentido muy global. En el centro privado, la instrucción a lo largo de la EGB parecía tener un estilo más personalizado, con

menos clases expositivas y más uso de materiales diversificados; en el centro público, la instrucción parecía más expositiva y centrada en un único libro de texto. Si se encontraban diferencias sustantivas antes del estudio formal sobre el SN, podrían atribuirse -en parte- al estilo de la instrucción en cada centro. Si las diferencias se encontraban sólo tras la instrucción, se podría pensar en la influencia de la variable profesora-método. También cabía la posibilidad de encontrarlas en ambos momentos.

Para analizar la intencionalidad instructiva, la muestra la constituyen las dos profesoras de 8º de EGB, de los dos centros que eran profesoras de ciencias de 7º y 8º.

La muestra total se subdivide en dos, una relativa a cada uno de los dos estudios que componen este trabajo: uno relativo a preescolar y 3º de EGB y el otro a 7º y 8º de EGB.

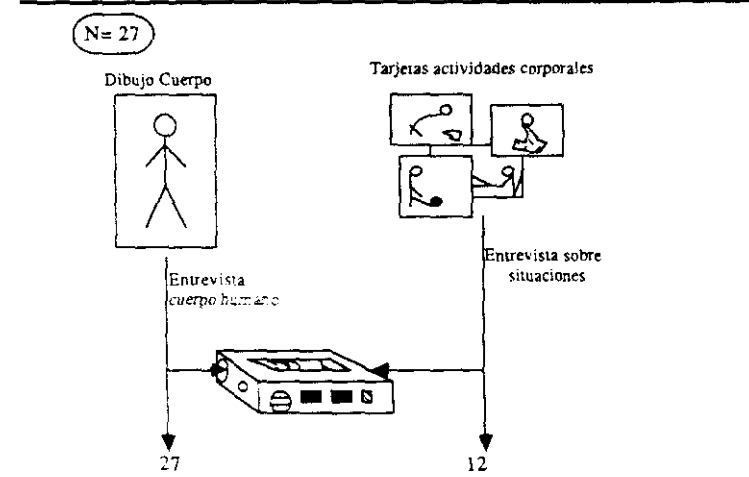
Muestra de preescolar-3º de EGB

Se tomaron los 27 alumnos de una clase de preescolar, cuyas edades estaban comprendidas entre los 5.3 y los 6.3 años en el momento de la aplicación de la pruebas. A estos mismos niños se les aplicaron de nuevo pruebas cuando estaban en 3º de EGB. En este momento formaban parte de un curso de 36 alumnos, entre los que se encuentra la mayoría de los 27 que constitúan el curso de preescolar.

En 3º de EGB se seleccionaron 10 alumnos (de entre los que formaban parte de la muestra de preescolar) para un seguimiento más intensivo por medio de entrevistas. La selección la realizó la profesora, con la única indicación de que fueran alumnos que no tuvieran insuficiente en el área de Naturaleza.

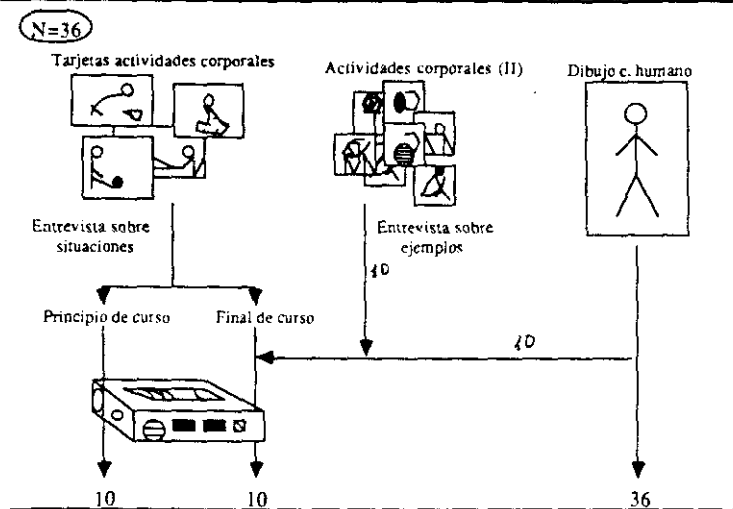
Las pruebas se aplicaron como muestran, de modo esquemático, las Figuras 6.1 y 6.2. En el apartado metodológico correspondiente a este estudio se describirán con más detalle, tanto las pruebas como la instrumentación y modo de aplicación.

Figura 6.1- Muestra y pruebas en preescolar



El que sólo se realizara la entrevista sobre situaciones con 12 niños tiene una justificación: al resto de los niños se les aplicó otra prueba relativa a la proyección de órganos internos a otros seres vivos que, dada la extensión de este trabajo, no se ha incluido en él.

Figura 6.2- Muestra y pruebas en 3º de EGB

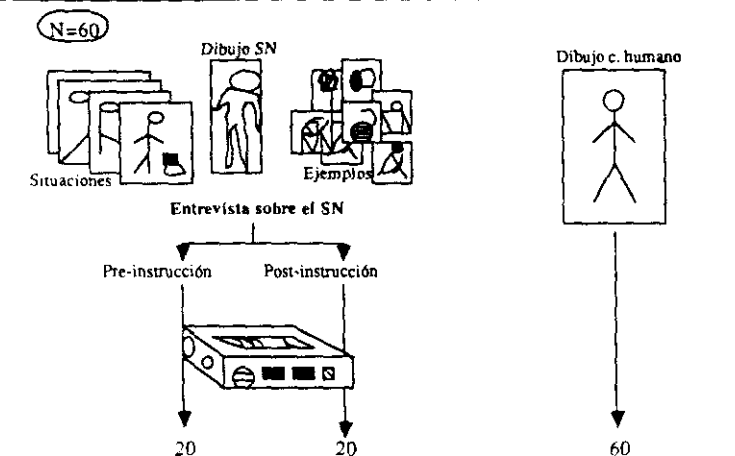
*Muestra de 7º/8º de EGB*

La forman 60 estudiantes, 35 de un curso del mismo centro privado que la muestra de preescolar-tercero, y 25 de un centro público. Se seleccionaron 20 estudiantes, 10 de cada centro, para el seguimiento más detallado por medio de entrevistas. También en este caso realizan la selección las profesoras con el mismo criterio que anteriormente: que sean alumnos que no suspenden las Ciencias de la Naturaleza.

La Figura 6.3 muestra gráficamente la aplicación de las pruebas a esta muestra. La entrevista y dibujo ya han sido descritos en el apartado anterior, pero volveremos sobre ellos en el apartado metodológico de este estudio.

Todas las entrevistas (87 en total) se registraron en cinta magnetofónica y fueron transcritas para su análisis posterior.

Figura 3. 3 - Muestra y pruebas de 6º/7º de EGB



6.4 - Método de análisis

Las entrevistas, una vez transcritas, proporcionan una considerable cantidad de datos que es preciso reducir, y cuya interpretación es en principio problemática. La primera cuestión a resolver es: ¿qué tratamiento de datos nos permite expresar de modo comprensivo el modo en que piensan los alumnos?

La práctica más común consiste en buscar regularidades en las respuestas y organizarlas en categorías. En términos generales, en la mayor parte de los trabajos sobre el pensamiento de los alumnos se encuentran dos modos de dar cuenta de los datos. Uno consiste en relacionarlos con unas pocas categorías, con el fin de proporcionar un esquema claro y conciso del tipo o tipos de pensamiento que se describen. Otro, por el contrario, preocupado por no perder los significados esenciales de los datos, explicita citas y más citas de los datos brutos sin categorizar.

La búsqueda de métodos analíticos que palien, en la medida de lo posible, los aspectos señalados, nos ha llevado a utilizar como estrategia principal la propuesta por Bliss, Monk y Ogborn (1983), denominada *redes sistémicas*.

6.4.1- Análisis con redes sistémicas

En primer lugar, las redes son un modo particular de clasificar. Trabajan con categorías definidas, pero se elaboran de modo que representen y preserven lo más posible la naturaleza individual de los datos. Este aspecto es importante cuando la fidelidad a los datos requiere la elaboración de un sistema complejo de categorías y subcategorías, o cuando los mismos datos requieren una descripción desde puntos de vista diferentes.

Las redes ofrecen un sistema de notación uniforme que permite expresar diferentes sistemas de categorización a cualquier nivel de complejidad, y una terminología que facilita la clasificación y comunicación del tema analizado. A este nivel, como señalan sus autores, las redes no hacen más que "formalizar lo obvio". Un ejemplo tomado de sus creadores (Figura 6.4) puede clarificar lo dicho hasta ahora.

Las redes son un lenguaje para describir los datos. Las posibles combinaciones de términos (términos son los nombres de las categorías) en una red se denominan *paradigmas*. Por ejemplos, en la Figura 6.5 que representa diferentes tipos de centros educativos, un posible paradigma es el que se indica recuadrado. Los *paradigmas* conforman estructuras descriptivas que representan datos.

Figura 6.4- Esquemas de categorización y redes correspondientes (Bliss y col, 1983)

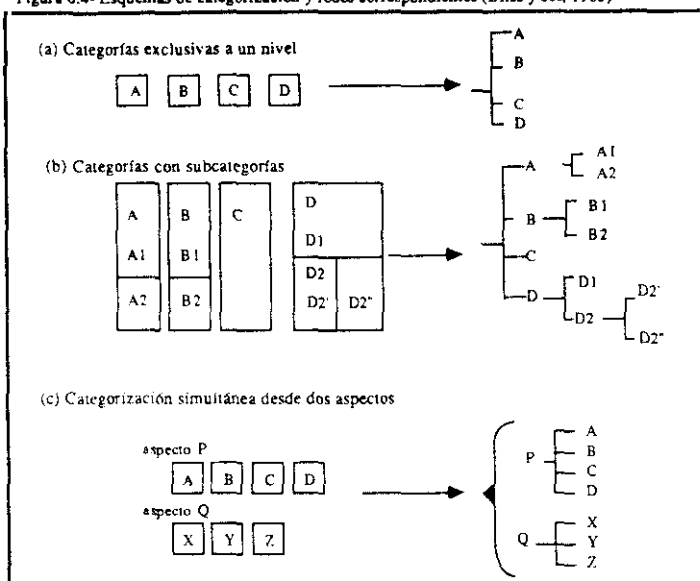
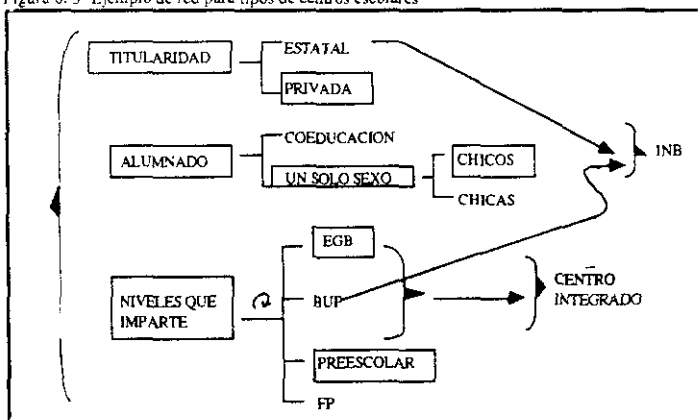


Figura 6.5- Ejemplo de red para tipos de centros escolares



Una manera de describir un paradigma es asignarle un *código*. Los *códigos* son frases cuyo significado viene dado por la estructura de la red. En el caso de la red para centros escolares el paradigma que viene recuadrado, se representaría por el código siguiente:

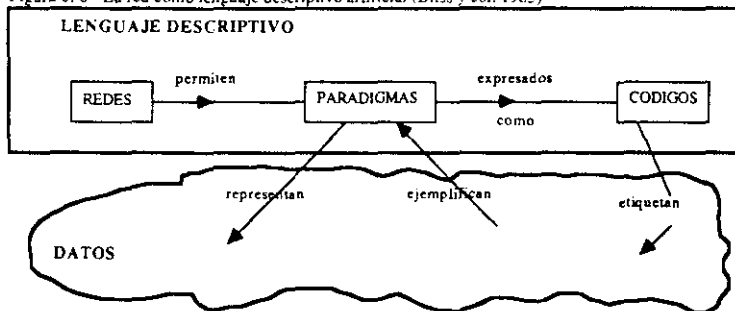
Código extendido: (TITULARIDAD (PRIVADA))
(ALUMNADO (UN SOLO SEXO (CHICOS))
(NIVELES (EGB) (PREESCOLAR)))

El código resumido, tomando unicamente las terminales es:

(PRIVADO CHICOS EGB+PREESCOLAR)

La relación de los paradigmas y códigos de este lenguaje con los datos se representa de modo gráfico en la Figura 6.6 .

Figura 6.6 - La red como lenguaje descriptivo artificial (Bliss y col. 1983)



Construir una red y utilizarla para codificar unos datos es como construir un lenguaje artificial que ofrece los significados y distinciones que uno desea. El lenguaje es de la entera responsabilidad del analista. Las redes se consideran independientes de cualquier planteamiento teórico. Así como las técnicas asociacionistas tienen un fundamento en las teorías conductistas sobre el aprendizaje, y los mapas conceptuales de Novak se construyen sobre presupuestos ausubelianos, las redes no hacen referencia a ninguna teoría del aprendizaje, de la memoria, o de la cognición.

La fuente teórica de inspiración de las redes se encuentra en la lingüística sistémica, en la escuela de Sassure, Firth, Halliday y en las ideas del antropólogo

Malinowski. De ellos se toma la idea central de las redes: el sentido del lenguaje tiene que ver esencialmente con elecciones realizadas en un contexto. Esto significa que las palabras y frases no "contienen" un significado como un vaso contiene agua; el significado se lo da el ser una elección de entre varias posibles en un contexto dado. Dicho de modo gráfico, en el contexto del inicio de una carta *Querida Tere* es una expresión informal de amistad, y es así en el conjunto de otras posibles alternativas no elegidas como podrían ser *Apreciada Señora López*, o *Tere amor mío* que tienen significados diferentes.



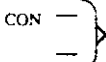

El lingüista Halliday creó las redes como un poderoso formalismo para representar todo este entramado de significados del lenguaje, y de él toman Bliss y col. el sistema de notación: bar, bra, término, paradigma, recursión, etc. que se presenta en la Tabla 6.2. Sin embargo, hay profundas diferencias entre el uso de las redes en lingüística y en el análisis de datos cualitativos.

La principal diferencia en el uso de las redes proviene de la finalidad diferente con que son empleadas por el lingüista y por el analizador de datos cualitativos. Mientras que el primero está interesado en un análisis lingüístico conducente a revelar la estructura del lenguaje en sí mismo, el segundo busca lo que unos datos orales o escritos puedan revelar sobre cuestiones diversas, como por ejemplo: qué creen las personas, o cómo han aprendido algo.

En resumen, lo que las redes sistémicas toman de estos lingüistas es una notación y la idea central de que los significados se dan por contraste en un contexto determinado. De este modo, significados muy complejos se pueden construir tomando contrastes paralelos en relación a aspectos diferentes.

Este modelo de análisis ha sido utilizado ya en situaciones diversas, en las que se requería organizar datos cualitativos relativos al aprendizaje de las ciencias. Bliss y Ogborn (1977) crean y utilizan las redes para describir las reacciones de alumnos universitarios sobre su aprendizaje de la física. Johnson (1985) las utiliza para describir conocimientos matemáticos de niños de 12 años. Watts (1983) las emplea para clarificar y representar el significado que alumnos de 15-17 años dan a palabras como energía y fuerza. Más recientemente Sanmartí (1989) desarrolla redes para analizar las respuestas a un cuestionario relativo a las ideas de alumnos sobre mezclas y disoluciones.

Tabla 6.2 - Sumario de ideas, términos y notación (Bliss y col., 1983)

IDEA GENERAL	TERMINO TECNICO	NOTACION
Nombre de la categoría	término	ejem.: PRIVADO
Categoría o distinción más fina	terminal	ejem.: FEMENINO
Elección; alternativas diferentes, exclusivas en un contexto común	sistema	BAR 
Aspectos paralelos; elecciones simultáneas	co-selección	BRA 
Circunstancias restrictivas	condición de entrada	CON 
Posibilidad de repetición	recursión	REC 
Mayor delicadeza en la distinción	fineza	estructuras en arbol
Uno de los muchos posibles modelos	paradigma	un camino en una red
Dice lo que contiene una unidad de datos	código	ej.:TITULARIDAD (PRIVADA)
Ejemplo de una categoría en los datos	instancia (ejemplo)	
Como se relacionan los datos con las categorías	representación	
Tamaño, escala, unidad de lo que se describe	rango	
Encontrar un modo razonable para hablar de los datos	lenguaje descriptivo	

6.4.2- De las entrevistas a las redes

El paso de las entrevistas a las redes no es automático. Las entrevistas una vez transcritas tienen una considerable longitud, sobre todo las de los estudiantes mayores, y, aún entre los alumnos del mismo curso, hay diferencias en el nivel al que llegan en la conversación. El primer asunto a resolver es cómo reducir la información contenida en las entrevistas de modo que, a) no se pierdan los aspectos relevantes de lo expresado por cada alumno, b) se puedan comparar unas

entrevistas con otras. Decidimos utilizar la misma estrategia que Bliss y Ogborn (1977) en un trabajo en el que utilizaron redes para analizar los datos obtenidos de 115 entrevistas.

De las entrevistas a los relatos breves

La estrategia consiste en reducir cada entrevista a un relato breve, utilizando el mismo esquema estructural para todas. Recordemos que la entrevista sobre situaciones pedía a los alumnos hablar sobre actividades corporales relativas principalmente a los sentidos y el movimiento, y luego se les llevaba a decir lo que sabían sobre el SN. Tomemos como ejemplo el caso de los niños de tercero. Las tarjetas sobre actividades corporales se referían a aspectos sensoriales, al movimiento, a pensar y a sentimientos, y a continuación se les preguntaban sus ideas sobre el cerebro y los nervios.

La estructura general para dar cuenta del contenido de cada entrevista es la siguiente:

RELATO SE REFIERE A/SENTIDOS : MOVIMIENTO : SENTIMIENTOS

PODEMOS (ver, u oír, o movemos, etc. PORQUE)
 INTERVIENE (parte corporal PARA)
 OCURRE (que)
 EXPLICA (mayor detalle de algo dicho en ocurre)
 TAMBIEN OCURRE (que)
 TAMBIEN INTERVIENE (nueva parte corporal PARA)
 OCURRE (que....)

RELATO SE REFIERE A/CEREBRO :NERVIOS

HECHO DE ()
 EXPLICA ()
 ESTA EN ()
 ES PARA ()
 OCURRE (que ...)
 EXPLICA ()
 SIN EL PODRIAMOS HACER ()

La interdependencia entre las ideas viene señalada por la indentación, de manera que sucesivas indentaciones tras una entrada significan aspectos diferentes de la misma: la vuelta al primer nivel de indentación significa el inicio de una nueva

idea. El ejemplo de una entrevista reducida a relatos breves servirá para poner de manifiesto esta estrategia. La que transcribimos corresponde al alumno de tercero que hemos codificado como N°24.

RELATO SE REFIERE A/ SENTIDOS

PODEMOS ver (PORQUE el cuerpo tiene aparatos para ver)
 INTERVIENE (ojos PARA que pupila vea)
 OCURRE (que sangre va a ojos y pupila varia)
 TAMBIEN INTERVIENE (cerebro PARA mandar sangre a ojos)

PODEMOS oír (PORQUE hay aparatos en el cuerpo)
 INTERVIENE (martillo, yunque PARA hacer funcionar oído)
 OCURRE (que sangre va a martillo y yunque para que funcionen)
 TAMBIEN INTERVIENE (cerebro PARA mandar sangre)

PODEMOS notar sabor (PORQUE tenemos lengua)
 INTERVIENE (lengua PARA hacer funcionar sabores)
 OCURRE (que sangre va a lengua para que funcione)
 TAMBIEN INTERVIENE (cerebro PARA mandar sangre)

PODEMOS oler (PORQUE tenemos nariz)
 INTERVIENE (nariz PARA hacer funcionar olores)
 OCURRE (que sangre va a nariz para que funcione)
 TAMBIEN INTERVIENE (cerebro PARA mandar sangre)

RELATO SE REFIERE A/ MOVIMIENTO

PODEMOS dar patada (PORQUE cerebro manda sangre a pierna)
 INTERVIENE (cerebro PARA mandar sangre)
 OCURRE (sangre va por venas de cerebro a pierna)
 TAMBIEN OCURRE (pensamiento dice dar patada)
 TAMBIEN INTERVIENE (corazón PARA mandar sangre a cerebro)
 TAMBIEN INTERVIENE (rodilla, tobillo, pié PARA dar patada)

RELATO SE REFIERE A/ PENSAR

PODEMOS pensar (PORQUE corazón manda sangre a cerebro)
 INTERVIENE (cerebro PARA pensar)
 TAMBIEN INTERVIENE (corazón PARA mandar sangre)

RELATO SE REFIERE A/ ESTAR TRISTE Y ALEGRE

PODEMOS sentirnos tristes/alegres (PORQUE te pasa algo malo/bueno)
 INTERVIENE (cerebro PARA pensar)

RELATO SE REFIERE A/ CEREBRO

HECHO DE (sangre + materiales)

ESTA EN (cabeza)
 ES PARA (que todo funcione)
 OCURRE (que manda sangre a todo, sentidos, pierna, etc.)
 EXPLICA (manda por venas)
 SIN EL PODRIAMOS HACER (nada, todo para)

RELATO SE REFIERE A: NERVIOS

HECHO DE (?)
 ESTA EN (en ningún sitio, son invisibles)
 ES PARA (es estar tranquilo)
 OCURRE (son formas de estar, de sentir)

Reducir y codificar de este modo las entrevistas supone interpretarlas, ya que no siempre todas las expresiones de los niños son nítidas. Para paliar en la medida de los posible distorsiones de los datos en esta primera reducción, seleccionamos al azar algunas entrevistas de cada nivel, y sus correspondientes relatos breves, y las sometimos al criterio de otras dos personas. Ambos jueces coincidieron en aceptar que los relatos breves captaban la esencia de lo expresado por los sujetos en las entrevistas.

De los relatos breves a las redes de contenido

- Estudio Preescolar: 2º EGB

Se puede considerar ahora cada entrevista como una colección de relatos breves, cada uno formado por una serie de frases. A las entrevistas así consideradas se les pueden hacer dos preguntas:

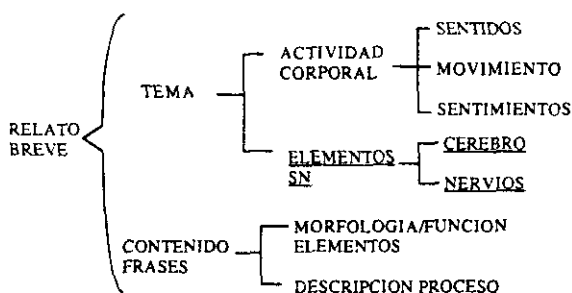
- ¿de qué tratan los relatos?
- ¿qué dice cada frase?

La primera pregunta correspondería a una categoría que denominamos TEMA. Los temas de los relatos pertenecen a dos tipos excluyentes, ACTIVIDADES CORPORALES y ELEMENTOS DEL SN. Las actividades corporales a las que aluden los relatos corresponden a tres sub-categorías, también excluyentes: SENTIDOS, MOVIMIENTO y SENTIMIENTOS. Los elementos del SN a que hacen relación las conversaciones de los niños son CEREBRO y NERVIOS.

La segunda pregunta nos da otra categoría que denominamos **CONTENIDO FRASE**. El análisis de las frases nos revela que sus contenidos se pueden referir a dos categorías; unas frases se refieren a **MORFOLOGIA** y **FUNCION** que realizan determinados **ELEMENTOS** corporales, mientras que otras **DESCRIBEN PROCESOS** con más detalle.

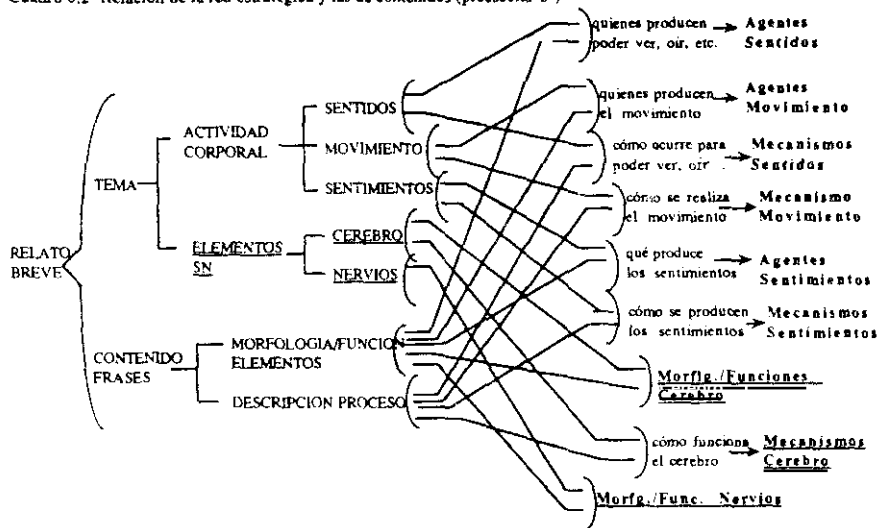
Podemos relacionar todas estas categorías en una red, utilizando las notaciones ya descritas para las mismas. Esta red se denomina *red estratégica*. Su función es poner de manifiesto el modo de abordar los datos; es decir, crear un esquema que nos permita estructurar el análisis. El Cuadro 6.1 representa la red estratégica para los datos del estudio 3º de EGB. La red estratégica para abordar los datos de preescolar tiene la misma estructura, a excepción de las categorías que hemos destacado con un subrayado, ya que los preescolares no nombraron cerebro ni nervios en el contexto de la entrevista sobre situaciones. Se les preguntó por estos elementos en la parte correspondiente al dibujo del cuerpo humano.

Cuadro 6.1 - Redes estratégicas del estudio de Preescolar-3º EGB



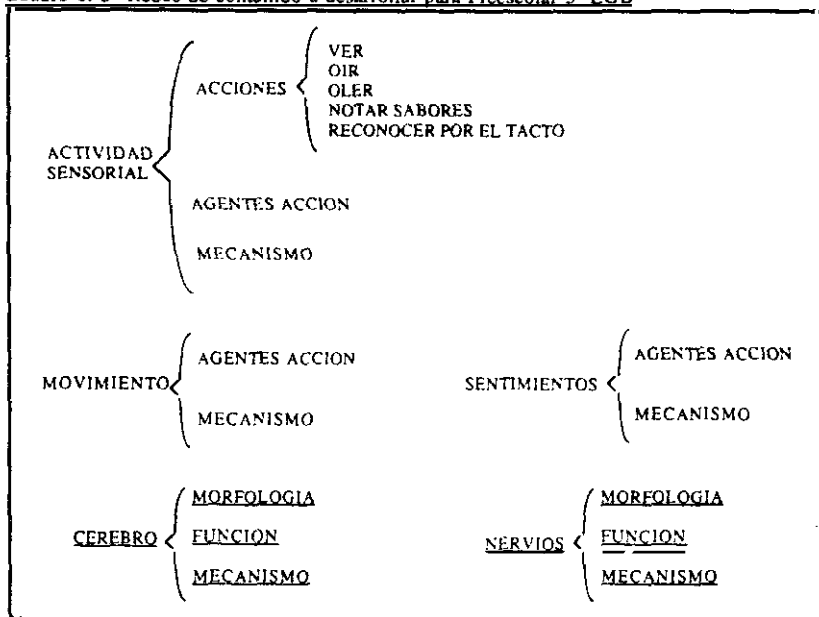
En las redes estratégicas, combinando las categorías terminales de las dos categorías iniciales paralelas, (que suponen co-selección por ir precedidas del signo bra) nos dan las categorías de entrada a las posibles *redes de contenido*. Estas redes son las que describen propiamente los contenidos de los datos. El Cuadro 6.2 representa las relaciones entre la red estratégica y las entradas a las redes de contenido para los datos del estudio con preescolar y 3º.

Cuadro 6.2- Relación de la red estratégica y las de contenidos (preescolar-3º)



Tomando las categorías de entrada a las redes de contenido, las podemos agrupar del modo que indica el Cuadro 6.3, de modo que quedan tres redes para dar cuenta de los datos relativos a ACTIVIDAD SENSORIAL, MOVIMIENTO Y SENTIMIENTOS, tanto en preescolar como en 3º de EGB. Tercero tiene además otras dos redes, referidas a los datos sobre el cerebro y los nervios, ya que estos aparecían en la entrevista sobre situaciones.

Cuadro 6. 3- Redes de contenido a desarrollar para Preescolar-3º EGB



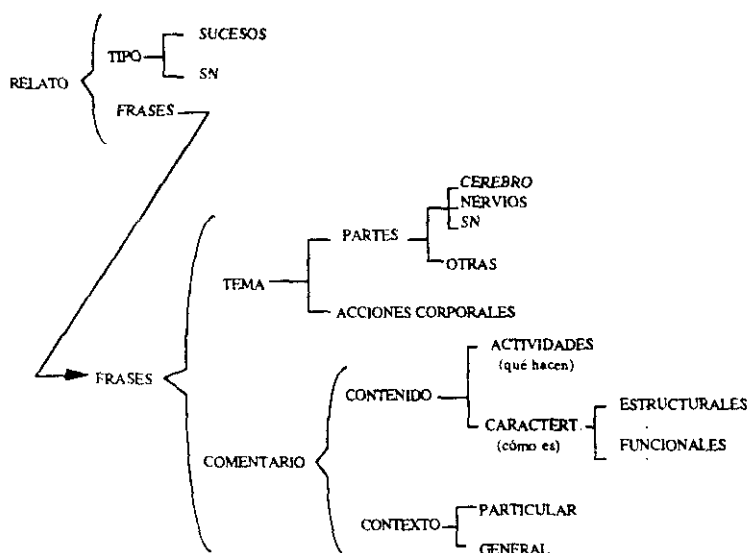
El desarrollo de estas redes de contenido para dar cuenta de los datos de preescolar y tercero se realizará en sus capítulos correspondiente al estudio de la Parte III.

Las entrevistas sobre el contenido del cuerpo se analizaron también utilizando redes, pero, dada la mayor concisión y estructuración de la entrevista, su desarrollo es más directo. Lo trataremos en el capítulo metodológico de la Parte III.

• Estudio 7º/8º EGB

Las entrevistas de los estudiantes de 7º/8º de EGB se sometieron a la misma estrategia que la descrita para los de 3º, pero al ser más complejas, aún manteniendo el mismo esquema de los relatos breves, la red estratégica resultante es también más compleja. Esta red es la que se representa en el Cuadro 6.4

Cuadro 6.4- Red estratégica del estudio de 7º/8º



El TIPO de relato explicita el tema al cual se refiere; SUCEOS corresponde a las situaciones de la entrevista que explicaron los alumnos: ver un bote, darle una patada y hacerse daño en un pie; y SN corresponde a las preguntas explícitas que se les hicieron sobre el mismo cuando, en el transcurso de la entrevista nombran y dibujan el cerebro y/o los nervios.

En cualquiera de los TIPOS de relatos señalados, el contenido de la entrevista viene representado por las FRASES. Las frases son cada una de las entradas de los relatos breves que hemos indicado. Podemos analizar de modo sistemático cada frase dirigiéndole las mismas preguntas que se formularon en el desarrollo de las redes del estudio de 3º de EGB: ¿de qué trata la frase? y ¿que dice la frase?

La primera cuestión nos da el TEMA, primera categoría de entrada en la red estratégica de las frases. Las frases tratan de dos aspectos que hemos considerado como sub-categorías excluyentes:

- > PARTES anatómicas que entran en juego. De estas nos ha interesado diferenciar : CEREBRO, NERVIOS y SN en general, y OTRAS partes anatómicas que aparecen en los relatos;
- > otras frases no se refieren a partes anatómicas, sino a ACCIONES CORPORALES o cosas que ocurren en el cuerpo.

La segunda cuestión, ¿qué dice la frase?, nos explicita el COMENTARIO que sobre las PARTES o las ACCIONES CORPORALES se realiza. El comentario se puede abordar desde dos perspectivas simultáneas: CONTENIDO y CONTEXTO.

- > el CONTENIDO propiamente dicho que puede subdividirse en las categorías:
 - > ACTIVIDADES, cuando relatan qué hacen las partes o acciones de las que tratan; y
 - > CARACTERÍSTICAS, o cómo es la parte o acción, que a su vez pueden referirse bien a características ESTRUCTURALES o FUNCIONALES;
- > el CONTEXTO en el que se ha dicho la frase. Este contexto puede ser:
 - > PARTICULAR, si la frase se refiere a una actividad corporal concreta, y
 - > GENERAL, si la frase se refiere al funcionamiento general del cuerpo, sin especificar una actividad determinada.

Las categorías terminales de la red estratégica nos permiten la entrada a las redes de contenido que pueden verse en el Cuadro 6.5.

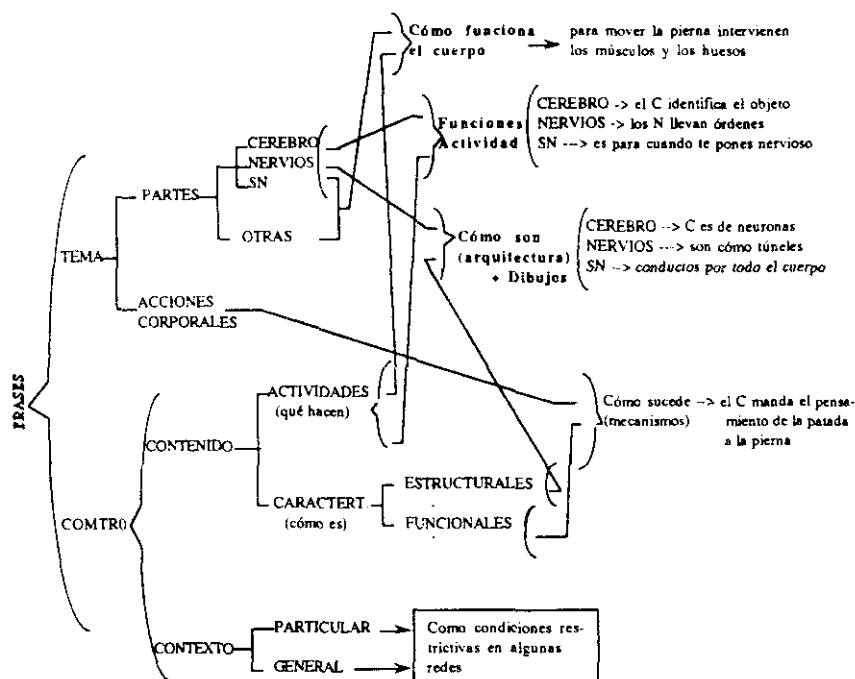
Las subcategorías PARTICULAR y GENERAL de CONTEXTO se utilizan como condiciones restrictivas de entrada. La restricción significa, en términos generales, que una frase pertenece a cierta categoría si cumple unas condiciones determinadas; en este caso las condiciones vienen dadas por la naturaleza del contexto. En nuestro caso, tomemos por ejemplo, las frases: " el cerebro identifica el bote al verlo " y "el cerebro recibe y manda órdenes al cuerpo", ambas responden al paradigma:

FRASE (TEMA (PARTE (CEREBRO))
COMENTARIO (CONTENIDO (ACTIVIDAD)))

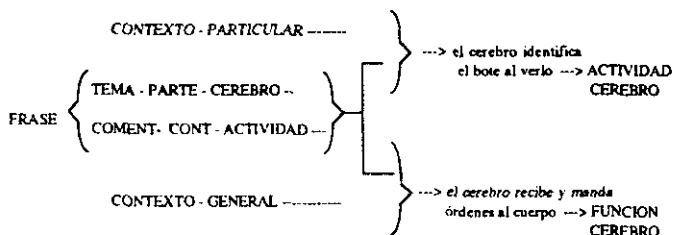
y podrían entrar en la red de contenidos relativa a Funciones/actividades del CEREBRO. Sin embargo, las dos frases se pueden separar en función del contexto en el que han sido expresadas, como se indica en el Cuadro 6.6. Esto nos permitirá.

al desarrollar las redes de contenido, considerar dos sub-categorías diferentes relativas al funcionamiento del cerebro: la de las **ACTIVIDADES** concretas que los alumnos le atribuyen al cerebro en situaciones particulares, como la de ver, mover una pierna, sentir dolor, etc.; y las **FUNCIONES** generales que este órgano tiene en el cuerpo.

Cuadro 6.5- Relación entre la red estratégica y de contenidos en 7º/8º EGB

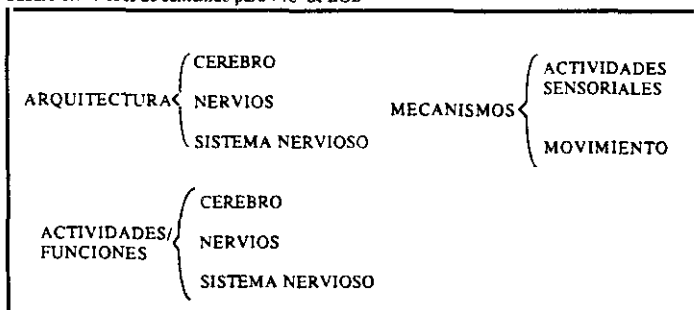


Cuadro 6.6- Ejemplo de entrada restrictiva



De las posibles redes de contenido especificadas en el Cuadro 6.5 sólo nos interesan las que se refieren a las funciones, mecanismos y estructura del SN y sus elementos. Podemos por tanto desarrollar las tres redes señaladas en el Cuadro 6.7.

Cuadro 6.7- Redes de contenido para 7º/8º de EGB



La primera, ARQUITECTURA, pondrá de manifiesto las ideas de los alumnos sobre cómo son el SN y sus componentes. La segunda recogerá los comentarios relativos a las ACTIVIDADES/FUNCIONES del SN y sus componentes. La tercera nos proporcionará las ideas relativas a los MECANISMOS de funcionamiento del SN en las actividades señaladas.

El desarrollo de estas redes se llevará a cabo en el capítulo metodológico correspondiente en la Parte IV.

6.5 - Límites de esta investigación.

La escasez de estudios sobre las ideas de los alumnos sobre el SN nos inclinó a elegir la entrevista como estrategia de recogida de datos, para poder describir con detalle los conocimientos de los niños de edades diversas sobre dicho sistema. Esta decisión obliga a reducir la muestra. Como se ha señalado anteriormente, que el límite impuesto a la generalización de los resultados se compensa con la riqueza de los datos, que pueden ser útiles para establecer hipótesis de futuras investigaciones en esta línea.

La preocupación por realizar un análisis más riguroso de los datos de las entrevistas nos llevó a emplear el método denominado redes sistémicas. El interés de explorar la potencialidad de este sistema analítico se debe al deseo de acercarnos a las ideas de los alumnos buscando modelos subyacentes en el pensamiento de los sujetos, más que la relevancia estadística de las tendencias mayoritarias. La generalización de los posibles modelos es una tarea de estudios posteriores.

Otro límite impuesto a este trabajo es, como también hemos señalado, no entrar en el análisis de la interacción didáctica durante el aprendizaje formal del SN, o la repercusión que podrían tener las estrategias de instrucción en los cambios de las ideas de los alumnos.

PART E III

**LAS PRIMERAS REPRESENTACIONES DEL
CUERPO HUMANO Y EL SISTEMA NERVIOSO
EN LOS NIÑOS**

7. ASPECTOS METODOLÓGICOS	153
7.1-Objetivos del trabajo.....	153
7.2-Recogida de datos.....	155
7.3- Análisis de los datos	158
7.3.1- Desarrollo de las redes de contenido: análisis grupal.....	159
Redes para las acciones corporales.....	160
Redes sobre el contenido del cuerpo	163
7.3.2- Búsqueda de modelos mentales sobre el SN: análisis individual	167
8. LAS IDEAS DE LOS PREESCOLARES.....	169
8.1- El contenido del cuerpo humano.....	169
8.2- Características de los órganos internos.....	172
8.2.1- Ideas sobre el circulatorio: corazón, sangre y venas.....	172
8.2.2- Ideas sobre los huesos	176
8.2.3- Ideas sobre el digestivo.....	178
8.2.4- Ideas sobre el cerebro y los nervios	181
8.3- La actividad corporal.....	184
8.3.1- Actividad sensorial: ver, oír, gustar.....	185
8.3.2- El Movimiento.....	187
8.3.3- Sentimientos.....	188
8.3.4- Pensar	188
8.4- ¿Tienen los preescolares modelos mentales sobre el SN?	190
8.5- Discusión: las ideas de los preescolares sobre el cuerpo humano.....	192
8.5.1- El contenido del cuerpo humano.....	193
8.5.2- Los órganos internos y las acciones corporales.....	196
Aspectos fenomenológicos	196
Aspectos interpretativos	198
8.5.3- El SN en el contexto de otros sistemas	203
8.5.4- Los modelos mentales del cerebro y los nervios.....	204

9. LAS IDEAS DE LOS NIÑOS DE 3º DE EGB	207
9.1- Las ideas de los niños al inicio del curso	208
9.1.1- Las acciones senso-motoras y los sentimientos	208
Los Sentidos	208
El movimiento	211
Los sentimientos	214
Cambios desde preescolar	216
9.1.2- El cerebro y los nervios	217
Análisis grupal. Los cambios desde preescolar	217
9.1.3- ¿Tienen los niños de 3º de EGB modelos mentales sobre el SN?	226
9.2- Las ideas de los niños después de la instrucción	237
9.2.1- Las acciones corporales	238
9.2.2- El cerebro y los nervios: <i>Tendencias en la muestra</i>	241
9.2.3- Cambios en los modelos mentales del cerebro y los nervios	245
9.2.4- Las ideas de los niños sobre otros sistemas corporales	254
El contenido del cuerpo	255
Características de los órganos internos	260
9.3. Discusión: las ideas de los alumnos de 3º EGB sobre el cuerpo humano y el SN	274
9.3.1- El contenido del cuerpo humano	274
9.3.2- Los órganos internos y las acciones corporales	276
Aspectos fenomenológicos	276
Aspectos interpretativos	281
9.3.3- El SN en el contexto de otros sistemas. Modelos mentales	289
9.3.4- ¿Teorías innatas o tabula rasa?	292
10. CONCLUSIONES PARCIALES	295

7. ASPECTOS METODOLÓGICOS

7.1- Objetivos del trabajo

Esta primera sección del estudio tiene como finalidad poner de manifiesto el pensamiento infantil sobre el cuerpo humano, para explorar, en este contexto, las primeras ideas de los niños sobre los componentes del SN: el cerebro y los nervios.

El estudio se ha estructurado en dos partes: en primer lugar, se investigan las concepciones sobre el cuerpo humano en niños en edad preescolar, cuando aún no ha mediado ningún tipo de instrucción; en segundo término, se indagan las ideas de estos mismos niños cuando están en 3º de EGB, para poder analizar la evolución de sus conocimientos.

Se eligió 3º de EGB por ser el curso en que se inicia la instrucción formal sobre el cuerpo humano. Seleccionar este curso nos permitía abordar la evolución del pensamiento infantil desde dos perspectivas: primera, la de los cambios ocurridos desde preescolar a 3º; y segunda, los efectos producidos por la primera instrucción sobre el cuerpo.

De los objetivos y cuestiones planteados en el Capítulo 4, los correspondientes a esta primera sección del estudio son las que se indican a continuación.

Objetivo 1º- Describir las ideas de los niños relativas al interior del cuerpo humano antes de iniciar la escolaridad obligatoria. Esta descripción deberá responder a los interrogantes siguientes:

- a. ¿Qué piensan los niños que hay en el interior del cuerpo?
- b. ¿Qué características (materiales y funcionales) atribuyen al contenido del cuerpo?

- c. ¿Tiene alguna concepción que podamos considerar "embrionaria" de lo que en la instrucción escolar se presentará como SN?

Objetivo 2º. Analizar qué tipo de razones dan los preescolares para explicar actividades corporales básicas. Se pretende poner de manifiesto si los niños refieren estas actividades en términos de partes corporales y mecanismos (términos biológicos), o recurren a explicaciones de comportamientos personales (términos psicológicos) como señala Carey. Se trata de responder a las preguntas siguientes:

- d. ¿Cómo explican los niños acciones relativas a los sentidos (ver, oír, notar sabores, etc), y al movimiento (dar una patada, moverse)?
- e. ¿Qué tipo de explicaciones dan para actos mentales (pensar) y sentimientos (estar triste y alegre)?

Objetivo 3º. Describir las ideas de los niños sobre el cuerpo humano, cuando están en 3º de EGB. Esta descripción deberá responder a los interrogantes siguientes:

- f. Si hay un aumento de los conocimientos sobre el cuerpo humano en relación a preescolar, ¿se refieren únicamente a los que presenta la instrucción o también a otros?
- g. Si hay cambios en las ideas respecto a preescolar, ¿cómo son estos cambios?

Objetivo 4º. Analizar cómo dan cuenta los niños de 3º de las mismas actividades corporales que se indagaron cuando eran preescolares. Las cuestiones a resolver se refieren a:

- h. ¿Cómo explican las actividades sensitivas, motoras y afectivas, antes de estudiar los temas relativos a los sentidos y al sistema locomotor?
- i. ¿Cómo influye la información que les proporciona la instrucción en las explicaciones anteriores?

Objetivo 7º. Analizar si las ideas de los niños sobre el SN/cerebro, nervios se pueden interpretar desde la perspectiva de los modelos mentales. Se trata de documentar las cuestiones siguientes:

- p. Las representaciones personales de los niños de preescolar y 3º de EGB, ¿se pueden considerar como modelos mentales?
- q. En caso afirmativo, ¿qué elementos constituyen los modelos mentales?
- l. ¿Cómo evolucionan los modelos mentales de estos niños desde preescolar a 3º de EGB?

7.2- Recogida de datos

La muestra la constituyen:

- 27 prescolares (12 niñas y 15 niños) pertenecientes al mismo curso de un centro privado. En el momento de aplicarles las pruebas sus edades oscilaban entre los 5.3 y los 6.2 años. Se tomaron los datos el curso 87-88.
- 36 alumnos de 3º de EGB (20 niñas y 16 niños) del centro anterior, la mayoría de los cuales son los mismos que constituyeron la muestra de preescolar en el curso 87-88. Su edad al inicio de las pruebas (curso 90-91) oscilaba entre los 8.5 y los 9.0 años.

La instrumentación utilizada para la recogida de los datos se organizó en torno a dos tipos de pruebas:

- la primera consistió en una versión adecuada a estas edades de la *entrevista-sobre situaciones* descrita;
- la segunda en la realización de un *dibujo sobre el contenido del cuerpo humano*, seguido de una *entrevista individual*.

Pasamos a describir las características de las pruebas para estas edades.

La *entrevista-sobre situaciones* estuvo mediada por una serie de tarjetas con dibujos sencillos (Anexo ...). Los dibujos pretendían colocar a los niños ante cada acción del modo más "descontextualizado" posible, de modo que no presentaban ningún tipo de "argumento". La finalidad de hacerlo así fué evitar, desde un primer momento, las posibles explicaciones de la acción en relación a la situación particular planteada, más que al funcionamiento corporal. Cada una de las cuales representa una de las siguientes acciones corporales:

- * sentidos: ver, notar sabores, oír (3 tarjetas)
- * movimiento: dar una patada a una pelota y moverse en general (2 tarjetas)
- * pensar (1 tarjeta)
- * sentimientos: estar triste o alegre (2 tarjetas)

La selección de actos sensitivos y motores se debe al hecho de que sentidos y movimiento son los fenómenos corporales con que se empieza el estudio del cuerpo humano en 3º de EGB. Nos interesaba indagar las ideas de los preescolares sobre los mismos fenómenos que serían analizados con los alumnos de 3º, para poder establecer comparaciones.

"Pensar" se introdujo para inducir a los niños a iniciar la conversación sobre el cerebro sin preguntar directamente por él.

El incluir estados emocionales, o sentimientos, cuya explicación en términos fisiológicos es muy compleja, tiene como objetivo poder detectar con claridad respuestas "psicológicas", es decir, razones en términos de intenciones, o deseos personales, no en términos biológicos. Esperábamos que las explicaciones de los niños y niñas a estas situaciones fueran mayoritariamente de carácter psicológico, lo que nos permitiría determinar en relación a otras actividades corporales cuándo una razón era de tipo psicológico, o por el contrario se podrían considerar con carácter biológico genérico.

La entrevista era semi-estructurada y tenía como cuestiones básicas:

- ¿Qué hace la niña que ves en este dibujo?

A partir de la respuesta dada se indagaba en dos direcciones:

- ¿Tú sabes decirme por qué esta niña, o tú puedes (ver, oír,...) ?
- ¿Tú me sabrías explicar cómo funciona (la parte corporal o el aspecto nombrado) para poder (aspecto analizado) ?

Todas las entrevistas fueron grabadas en cinta magnetofónica y transcritas posteriormente para su análisis.

Para la segunda (*dibujo + entrevista*) se le dió a cada niño una hoja con la silueta del cuerpo humano (masculina a los niños y femenina a las niñas) para que dibujaran todo lo que ellos conocen que hay en el interior del cuerpo. Se les motivó pidiéndoles que cerraran los ojos para hacer un viaje por el interior de su cuerpo, desde la cabeza a los pies, recorriendo todas las partes. Después de este recorrido se les dijo que hicieran los dibujos, y que pusieran su nombre en la hoja. A los de tercero se les indicó también que pusieran nombre a cada cosa del cuerpo que

dibujaran. Se recogieron los trabajos y un par de días más tarde se entrevistó a cada niño individualmente para que explicara su dibujo.

La entrevista era semi-estructurada y las preguntas básicas fueron:

- (señalando cada cosa dibujada en la silueta) ¿Qué es esto que has dibujado aquí?. (El entrevistador iba poniendo en el dibujo lo que el niño o la niña contestaba)
- (señalando cada cosa dibujada) ¿Para qué crees que necesitamos (nombre dado al elemento dibujado) en el cuerpo?
- (señalando cada cosa dibujada) ¿Sabes de qué está hecho (nombre dado) ?

Al terminar se instaba a cada niño o niña a recordar más cosas que tengamos en el interior del cuerpo y a dibujarlas. Si no mencionaban el cerebro o los nervios se les preguntaba por ellos del modo siguiente:

- ¿Has oído hablar alguna vez del cerebro/los nervios?
- ¿Tú tienes cerebro/nervios?
- ¿Todas las personas tienen cerebro/nervios?
- ¿Para qué necesitamos el cerebro/los nervios?
- ¿Sabes de qué están hechos el cerebro/los nervios?
- ¿Dibujarías el cerebro/los nervios en el cuerpo?

A la muestra de tercero se le aplicó además una tercera prueba, una *entrevista-sobre ejemplos*, que consistió en mostrarles 13 tarjetas que representaban actividades corporales diversas, y preguntarles si para realizar aquella acción creían que era necesaria la intervención del cerebro o de los nervios (ver Anexos). Debían justificar brevemente su respuesta. Las tarjetas representaban:

sentir alegría	andar	mov. respiratorios
oler	coger un objeto	latido del corazón
oir	leer	hacer la digestión
estornudar	escribir	
parpadear		

Esta prueba se añadió para recabar información suplementaria sobre el cerebro y los nervios que nos permitiera configurar con mayor detalle las ideas de los niños sobre los mismos.

La aplicación de las pruebas se llevó a cabo en cada muestra del modo siguiente.

Preescolar

Los 27 niños y niñas realizan en primer lugar los *dibujos más la entrevista* sobre el contenido del cuerpo humano. Se seleccionaron 12 al azar para que realizaran la *entrevista- sobre-situaciones* relativas a las actividades corporales.

Tercero de EGB

La aplicación fué un poco más compleja, debido a que algunas pruebas se aplicaron dos veces: antes y después de la instrucción. Se realizó del modo siguiente.

Se seleccionaron 10 niños, de los 12 que en preescolar habían realizado ambas pruebas. Este grupo realizó a principio de curso, antes de la instrucción sobre el cuerpo humano, la *entrevista-sobre-situaciones*, y si en el transcurso de la misma no realizaban ninguna alusión al *cerebro y/o los nervios*, se les preguntaban las cuestiones sobre los mismos que se han señalado anteriormente, para conocer sus ideas antes de que mediara ninguna instrucción sobre el cuerpo.

Al final de curso:

- los 36 alumnos realizaron el *dibujo sobre el contenido del cuerpo humano*.
- los 10 alumnos seleccionados realizan una entrevista que consta de tres partes: 1º) la misma *entrevista-sobre-situaciones* que al inicio de curso; 2º) la *entrevista sobre el contenido del cuerpo*; y 3º) la *entrevista-sobre-ejemplos* relativa a las actividades del cerebro y los nervios.

7.3- Análisis de los datos

Los dibujos de todos los niños sobre el contenido del cuerpo se analizaron, en primer lugar, desde un punto de vista cuantitativo, poniendo de manifiesto : nº de ítems dibujados, frecuencias, medias etc. Los aspectos interpretativos de dichos dibujos, recogidos en las entrevistas sobre los mismos, se analizan a través de redes sistémicas construidas sobre la base de dichas entrevistas.

Los datos provenientes de las entrevistas se analizaron con la mediación de *redes sistémicas, siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo dedicado a la metodología general.*

En esta parte del estudio se desarrollan dos grupos de redes: las *correspondientes a la entrevista-sobre-situaciones, referidas a las actividades corporales*, y las relativas a los contenidos y actividad del cuerpo humano. De entre las redes de este último grupo, se realiza un análisis más detenido y pormenorizado de las redes correspondientes a los elementos del SN, cerebro y nervios, por constituir el hilo conductor central de todo el trabajo.

Al construir las redes sobre las entrevistas de los alumnos, las categorías que las van conformando nos proporcionan ya un primer análisis cualitativo del pensamiento de los alumnos. La simple lectura de cada red pone de manifiesto los elementos presentes en las ideas de los niños. Por esta razón, nos hemos detenido en explicitar con detalle el proceso de construcción y justificación de cada red, a pesar de que pueda resultar algo tedioso.

En un segundo momento se procede a mostrar la cuantificación de las categorías terminales de cada red. Estos nuevos datos nos cualifican cuáles son las categorías que aparecen con mayor o menor frecuencia en cada grupo de niños; permiten detectar tendencias y seguir su evolución.

El análisis de todos los datos se realiza primero a nivel del grupo muestra. El análisis de los datos relativos al SN se lleva también a cabo a nivel de cada niño. Con este segundo análisis se pretende poner de manifiesto si existe coherencia interna en las ideas de cada alumno relativas al cerebro y los nervios, y si es posible identificar modelos mentales relativos a los mismos.

7.3.1- Desarrollo de las redes de contenido: análisis grupal

Las redes sobre acciones corporales y el contenido del cuerpo se desarrollaron independientemente para cada tramo de la muestra; no obstante, muchas de las categorías iniciales de las redes son coincidentes, por corresponder a los mismos tipos de pruebas. Vamos a presentar en este apartado el esqueleto básico de las redes y dejaremos para su capítulo correspondiente las características de las mismas correspondientes a cada tramo de la muestra.

Redes para las acciones corporales

En las entrevistas los niños se refieren a diversas acciones corporales: sentidos (ver, oír, oler, etc.), movimiento, o sentimientos. Esto se recoge en la categoría ACCIONES de la red estratégica.

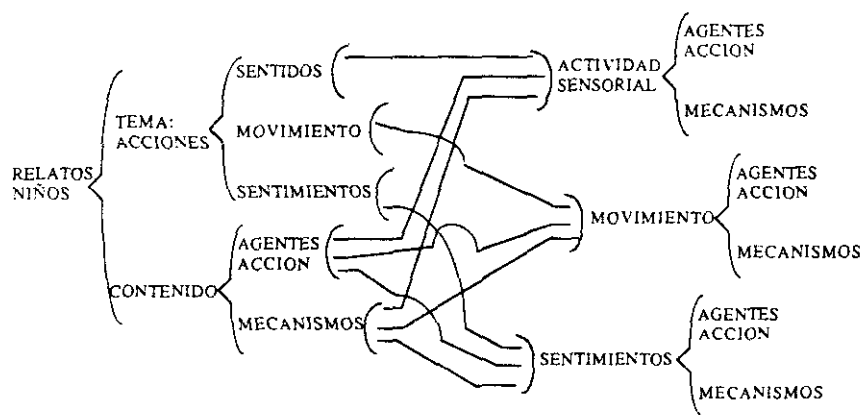
El contenido de las frases que resumen las ideas de los niños se refiere a dos aspectos que hemos denominado: AGENTES ACCION y MECANISMO. Estos dos aspectos constituyen las otras dos categorías de entrada de la red estratégica.

> AGENTES ACCION es una categoría que recoge las ideas de los niños cuando explican por qué podemos ver, oír, movernos, estar alegres, etc.

> MECANISMO recoge las explicaciones de los niños sobre cómo "hace" o funciona una parte corporal nombrada para llevar a cabo esa acción.

Desde esta sencilla red estratégica podemos pasar a la construcción de tres redes de contenido, como indica el Cuadro 7.1. Una red para las Actividad Sensorial, otra para el Movimiento y otra para los Sentimientos.

Cuadro 7.1 - Red estratégica y de contenidos para las acciones sensoriales

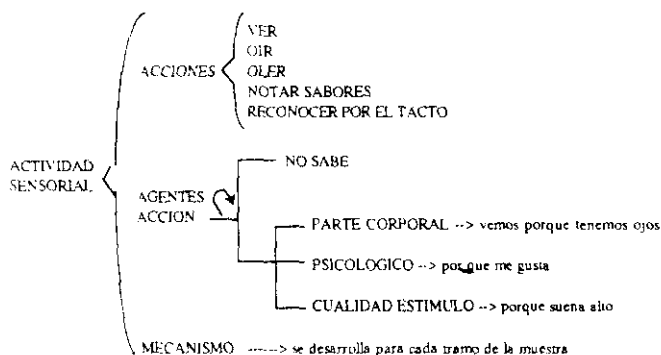


Red sobre la Actividad Sensorial

La red de contenido es la representada en el Cuadro 7.2 . Al ser más de una acción sensorial, se mantiene la categoría de entrada ACCIONES.

- > ACCIONES va seguida de una llave de co-selección (bra) porque todos los niños hablan de cada una de ellas en los términos de las dos categorías siguientes (AGENTES ACCION y MECANISMOS)
- > AGENTES ACCION: los comentarios que realizan al hablar de los sentidos dan pie para desarrollar las siguientes sub-categorías:
 - > NO SABE: recoge las respuestas de los niños que dicen explícitamente no saber por qué pueden realizar una determinada actividad sensorial.

Cuadro 7.2- Red sobre las actividades sensoriales



- > PARTES CORPORALES, cuando señalan algún elemento del cuerpo como causa de una acción: por ejemplo: "podemos ver porque tenemos ojos", "podemos notar el sabor porque tenemos lengua", "podemos oír porque tenemos oídos y cerebro".
- > PSICOLOGICA, recoge las explicaciones dadas en términos de deseos, gustos, intenciones, actividades personales: por ejemplo: "podemos oír porque

si no nos nos enteraríamos de nada", "sabemos a qué sabe el helado porque sé de qué me lo van a comprar".

- > CUALIDAD ESTIMULO, en ocasiones, los niños explican la posibilidad de realizar acciones sensoriales en términos de características de estímulos externos: por ejemplo: "se nota el sabor a fresa porque es rosa", "puedo oír porque la música suena alto".

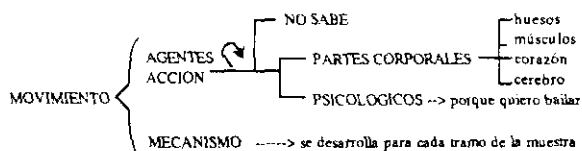
La categoría AGENTES ACCION lleva una recursión porque un niño puede nombrar más de un agente para la misma acción, aunque lo más general es que sólo se refieran a uno de ellos.

- > MECANISMO, existen diferencias notables entre el modo en que los preescolares y los niños de 3º explican cómo funcionan los sentidos; por esto dejamos el desarrollo de esta categoría para su momento correspondiente.

Red sobre el Movimiento

La red de contenidos aparece en el cuadro siguiente.

Cuadro 7.3- Red sobre el Movimiento



- > Los AGENTES ACCION que aparecen en los relatos de los niños se reducen a dos tipos:

- > PARTES CORPORALES: cuando atribuyen el poder moverse a tener "huesos", o "músculos", o al "corazón". En las explicaciones de los niños de tercero aparecen además otros elementos corporales, que en su momento categorizaremos de modo más fino.

- > **PSICOLOGICOS:** cuando se centran en exponer causas en términos de comportamientos o características personales; por ejemplo: "podemos movernos porque tenemos agilidad"
- > **MECANISMOS:** como en el caso de los sentidos, se desarrolla para cada tramo de la muestra.

Red sobre los Sentimientos

Al dar cuenta de los sentimientos, los niños de preescolar y tercero recurren en primer término a referir acontecimientos externos como los agentes causales del estado emocional; por ejemplo hablan de tener o no amigos, de poder ir a una fiesta, de recibir o no regalos, de sentir dolor, etc. Es decir, utilizan explicaciones de tipo PSICOLOGICO, como suponíamos.

Si se les pregunta si estas situaciones, como las anteriores de las que han hablado, están relacionadas con alguna parte del cuerpo, sólo algunos niños de tercero buscan posibles candidatos anatómicos entre las cosas que conocen, como el corazón o el cerebro.

Salvo escasos niños de tercero, la mayoría de ambas edades no relata nada que se pueda incluir en la categoría Mecanismos.

Volveremos sobre estas acciones en cada tramo de la muestra.

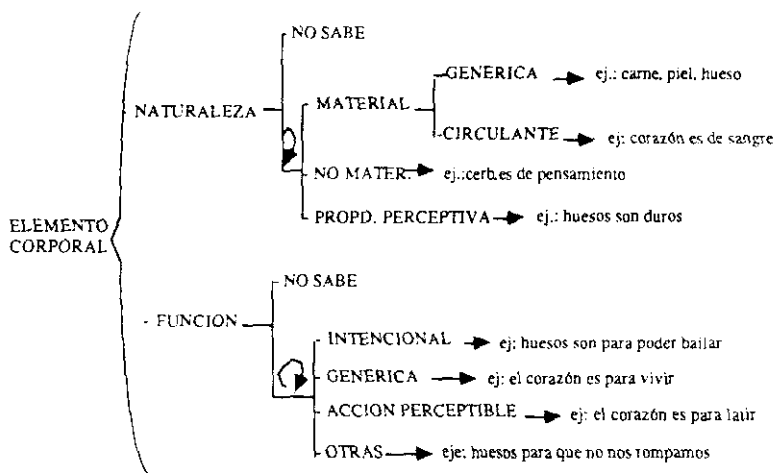
Redes sobre el contenido del cuerpo

Desde el punto de vista estratégico, los datos sobre el contenido del cuerpo podían analizarse de varias maneras. Una consistía en construir una red para cada cosa que los niños dibujan; es decir, una red para dar cuenta de las ideas sobre el corazón, otra para las venas, otra para los huesos, otra para el cerebro, etc..

La homogeneidad que presentan las respuestas de los niños nos hizo ver que las categorías de la red eran prácticamente las mismas para los diferentes elementos corporales. Esto significa que un sistema de categorías podía dar cuenta del pensamiento de los niños sobre el tema. La red construida es la que muestra en el cuadro 7.4.

NATURALEZA: recoge las ideas de los niños sobre de qué está hecho un cierto elemento corporal. **FUNCION** indica para qué está, o qué tarea realiza, un elemento en el cuerpo. Son categorías que se corresponden con las cuestiones básicas de la entrevista. Ambas incluyen la posibilidad de **NO SABE**, debido a que hay niños que afirman no saber de qué es, o qué hace en el cuerpo, un elemento determinado que han dibujado; sólo conocen su existencia.

Cuadro 7.4- Red sobre los elementos corporales



> **NATURALEZA** se puede subdividir en categorías más finas considerando las respuestas de los niños:

> Unas veces atribuyen entidad **MATERIAL** a las cosas de las que hablan, y cuando es así sus afirmaciones se pueden catalogar en las dos categorías señaladas. **GENERICA** o **ESPECIFICA**.

> **GENERICA** corresponde a las respuestas que señalan un material muy poco específico como: carne, piel y hueso.

> **ESPECIFICA** se refiere a las contestaciones en términos más concretos, como: el corazón es de sangre, los huesos son de calcio, etc.

- > Otras veces atribuyen una naturaleza NO MATERIAL a algo, como por ejemplo decir que "el cerebro está hecho de pensamiento", o designan la naturaleza nombrando una cualidad perceptiva: "los huesos son de una cosa dura", "el corazón es de una cosa roja". En cada tramo de la muestra se desarrollan con más detalle las sub-categorías de NO MATERIAL.
- > La categoría FUNCION se subdivide también en otras más finas para dar cuenta de los tipos de respuestas encontradas en la muestra y que hemos denominado:
 - > INTENCIONAL, si las funciones atribuidas se refieren a comportamientos individuales con carácter intencional; por ejemplo "el corazón es para querer".
 - > GENERICA, si los comentarios son de tipo biológico pero muy globales e indiferenciados; ej., "es para que vivas".
 - > OTRAS es una subcategoría que depende del elemento corporal y de la edad de los niños, y se desarrolla en su lugar correspondiente.

Las sub-categorías de NATURALEZA y FUNCION se enlazan con un signo bar, que supone elecciones exclusivas en el contexto; pero van precedidas de recursión, porque hay algunos niños que atribuyen a un mismo elemento una naturaleza o función que corresponde a más de una de las sub-categorías señaladas; por ejemplo "el cerebro está hecho de carne y pensamientos".

Utilizar la misma red para todos los componentes corporales presentaba un problema: al aplicarla a cada caso algunas categorías de las señaladas quedaban vacías. Es decir, hay paradigmas posibles para órganos concretos que no existen en los datos recogidos. Por ejemplo, referente al corazón no existen ninguna respuesta que encaje en la categoría (NATURALEZA (NO MATERIAL)); tampoco aparecen en relación a los huesos (FUNCION (GENERICA)).

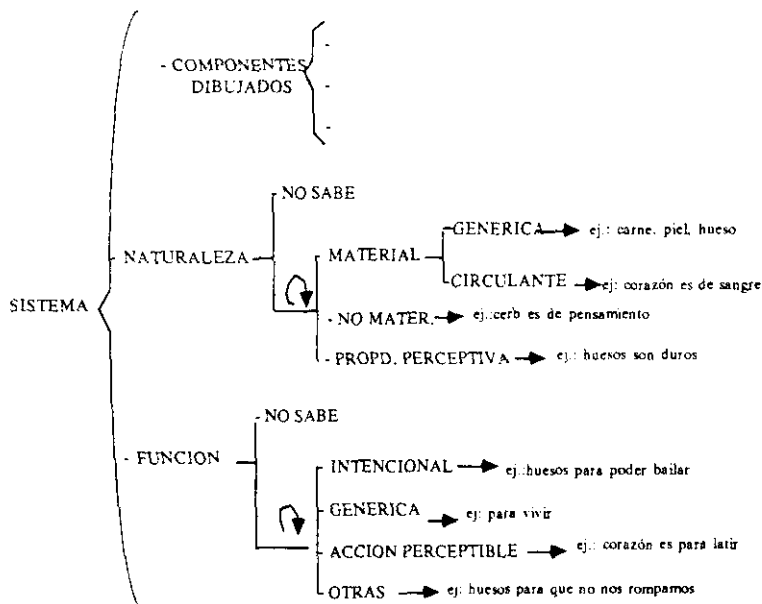
Sin embargo, seguía siendo interesante constatar gráficamente que categorías estaban ocupadas o vacías para los diferentes elementos corporales, sabiendo que todos los paradigmas tienen ejemplos en los datos, tomando el conjunto del contenido del cuerpo.

La red que acabamos de describir (Cuadro 7.4) nos llevó a considerar otra posibilidad de organizar estratégicamente el conjunto de los datos.

Aunque los niños no agrupan en sistemas corporales lo que conocen del cuerpo, se podrían asociar en la misma red los ítems pertenecientes a un mismo sistema corporal. Este enfoque estratégico tiene como ventajas: 1º) mayor facilidad para captar las ideas de los preescolares en relación al modo en que se suele abordar el estudio del cuerpo humano en el contexto escolar; 2º) plasmar gráficamente qué aspectos de los diversos sistemas aparecen ya en estas edades; y 3º) dada la homogeneidad de las categorías que dan cuenta de las ideas de los preescolares, la red desarrollada para ELEMENTO CORPORAL podría incorporarse a la nueva red sin alteraciones.

La nueva red tiene como entrada SISTEMA, categoría de naturaleza puramente estratégica, y como nueva categoría: COMPONENTES DIBUJADOS. La red es la representada en el Cuadro 7.5.

Cuadro 7.5.- Red para Sistemas Corporales



> **COMPONENTES DIBUJADOS** se refiere a los elementos del sistema corporal considerado que aparecen en los dibujos y en la conversación con los niños. Va seguida de un bra. ya que hay que seleccionar cada uno de los componentes que contiene de modo consecutivo.

El resto de las categorías de la red son las mismas que las correspondientes de la red primera, y se repiten para cada uno de los componentes del sistema que aparecen en los dibujos de los niños.

La red relativa a los elementos del SN se desarrolla sobre este mismo patrón, pero al constituir el eje central de la investigación, la parte de la entrevista sobre estos componentes fué más detenida, y las redes se desarrollan con más fineza en cada tramo de la muestra.

7.3.2- Búsqueda de modelos mentales sobre el SN: análisis individual

El análisis de las ideas de cada niño sobre el cerebro y los nervios y las actividades corporales en los que los involucran, tiene como objetivo poner de manifiesto si dichas ideas conforman modelos mentales coherentes.

Determinar la existencia de modelos mentales, tal y como quedaron definidos en la parte teórica de este trabajo, requiere:

- en primer lugar indagar si algunas de las categorías de las redes que describen las ideas de los niños, pueden considerarse como elementos configuradores de modelos mentales;
- a continuación, si el resultado es positivo, hay que delimitar los modelos que aparecen en la muestra, y ver también si son idiosincráticos, o algunos de ellos son modelos compartidos;
- finalmente, seguir la evolución de los modelos de preescolar a tercero.

3. LAS IDEAS DE LOS PREESCOLARES

Este capítulo presenta las ideas sobre el cuerpo humano que tienen los niños antes de que comiencen el periodo de escolaridad obligatoria. Sus conocimientos del tema, por tanto, se suponen adquiridos de modo informal y espontáneo.

Interesa, como ya dijimos, poner de manifiesto sus ideas acerca del cerebro y los nervios en el contexto de sus conocimientos relativos al contenido interno del cuerpo, y su modo de relacionarlo con algunas actividades senso-motoras. También nos propusimos indagar si las ideas de cada sujeto sobre el cerebro y los nervios podían interpretarse desde la perspectiva de los modelos mentales.

Los resultados del estudio con los preescolares se presentan agrupados en los apartados siguientes:

- El contenido del cuerpo humano
- Características de los órganos internos
- La actividad corporal
- ¿Se puede hablar de modelos mentales en los preescolares?

8.1- El contenido del cuerpo humano

El nº total de ítems internos diferentes dibujados por los preescolares es de 20, entre los que se incluyen partes internas de órganos externos (ej.: el tímpano de la oreja, la raíz del pelo). La Tabla 8.1 muestra la relación de los ítems internos dibujados señalando frecuencias y porcentajes de cada ítem en la muestra. El nº de ítems que dibuja cada niño oscila entre 1 y 10, siendo 3 y 2 las frecuencias más habituales. El promedio de partes internas que mencionan estos preescolares es de 4 (ver Tabla 8.2).

Tabla 8.1- Items internos dibujados: frecuencias y % (N=27)

ITEM	FRECUENCIA	%	ITEM	FRECUENCIA	%
CORAZON	23	85	TRIPA	2	7
CEREBRO	21	78	PULMONES	2	7
HUESOS	20	74	OIDO(Part. intern.)	1	4
TUBOS (boca-tripa)	8	28	TIMPANO	1	4
VENAS	4	15	LENGUA	1	4
SANGRE	4	15	CAMPANILLA	1	4
BOLSA GRINA	3	11	RAIZ PELO	1	4
DIENTES	3	11	MUSCULOS	1	4
COMIDA	3	11	MICROBIOS	1	4
ESTOMAGO	2	7	BEBE	1	4

Tabla8.2- Número de items diferentes por alumno y media

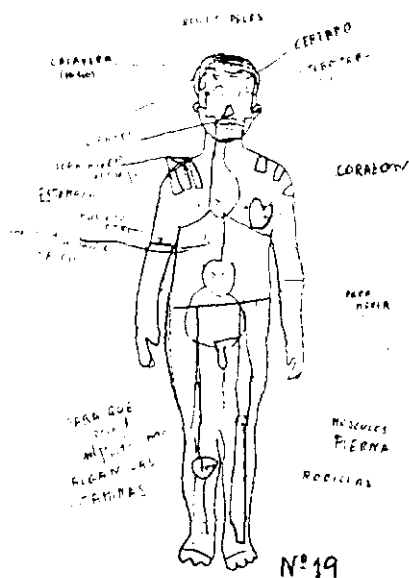
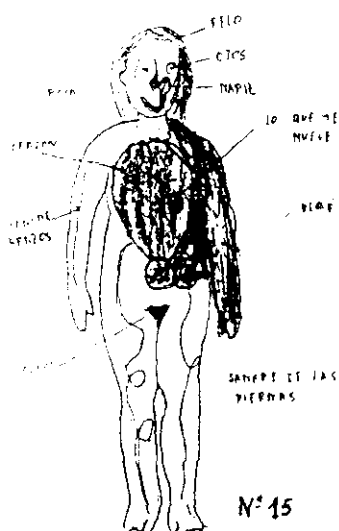
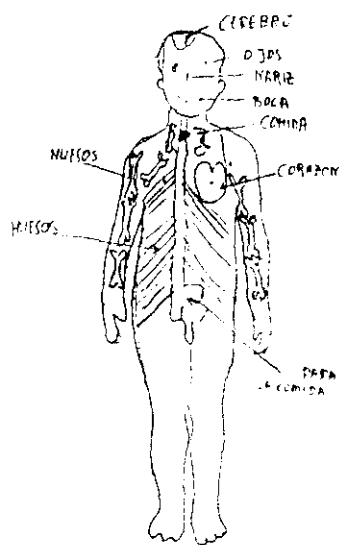
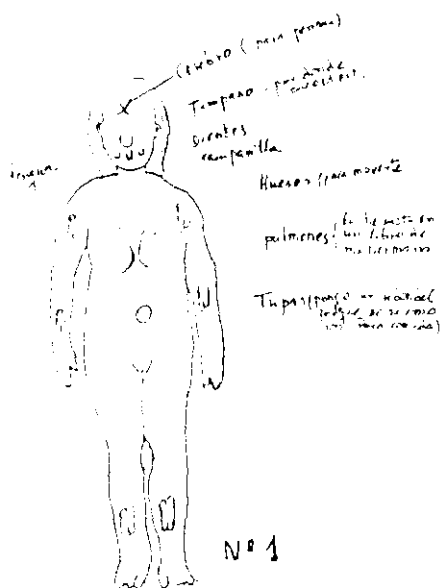
N= 27		Edad 5 3 a 6 2 años	
Número de items dibujados		Número de alumnos	
De	2 a 3	14	
"	4 a 5	7	Media 4
"	6 a 7	3	Rango 2-10
"	8 a 9	2	
	10	1	

De la lectura de las Tablas anteriores conviene destacar los aspectos siguientes:

- Todo lo que dibujan los niños son elementos corporales, a excepción de la comida, un bebé, y microbios, que tienen frecuencias muy bajas.
- El **corazón**, el **cerebro** y los **huesos** son los elementos que aparecen con las mayores frecuencias en la muestra. Los dibujan más del 70% de los niños. El resto de los elementos internos están a una considerable distancia de los citados: no alcanzan a superar el 30% de presencia.

En la Figura 8.1 pueden verse algunos de los dibujos realizados por los preescolares (rotulados por el adulto durante la entrevista).

Figura 8.1- El interior del cuerpo según los preescolares



La observación de los dibujos pone de manifiesto los siguientes aspectos del contenido corporal:

- El corazón, y con cierta frecuencia los huesos, vienen representados con formas prototípicas. Serían los únicos elementos reconocibles directamente.
- Tubos, formas redondeadas, y marañas de líneas, constituyen el resto del contenido corporal.
- Los niños tienden a rellenar el tronco sobre el resto de las partes corporales.

8.2- Características de los órganos internos

Como hemos señalado, la red para el análisis de las características internas del organismo se realizó agrupando los elementos dibujados en sus sistemas/aparatos correspondientes, por motivos estratégicos. A continuación se describen los resultados obtenidos para cada grupo de órganos.

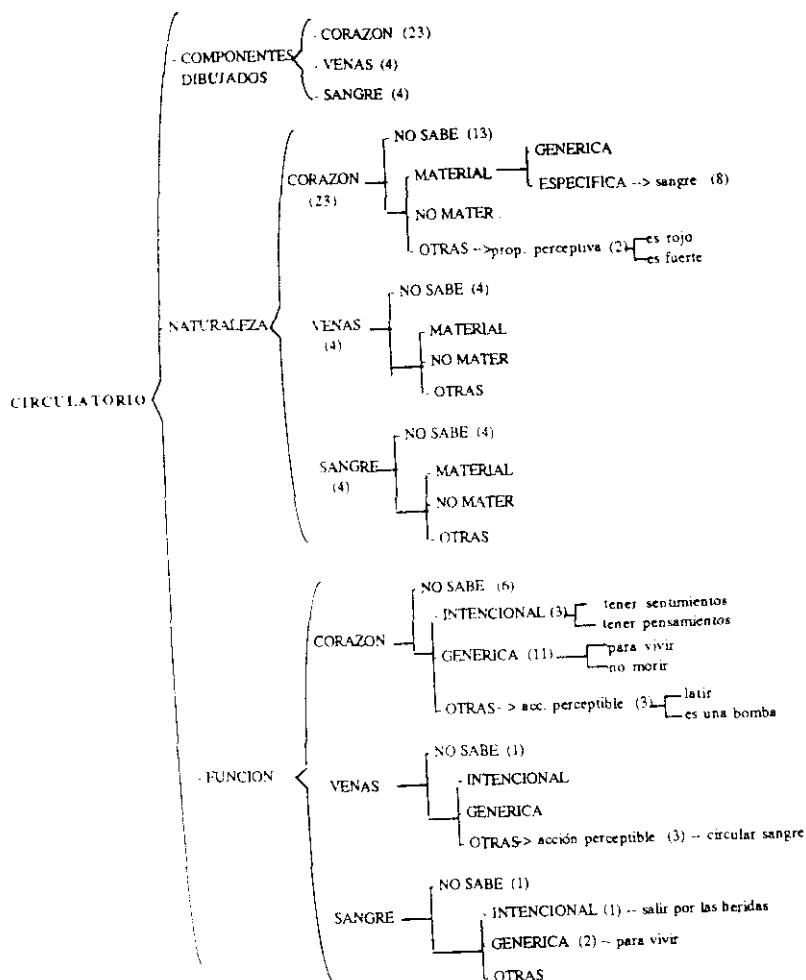
Tras las categorías terminales de cada red se indican, con letra minúscula, ejemplos de los datos que aparecen con más frecuencia en la muestra.

Conviene señalar en este momento que sólo se les preguntó a los niños sobre las cosas que aparecen en sus dibujos. Esto es, a excepción de los nervios y el cerebro, no se les preguntó por órganos internos que no hubieran dibujado, o que no nombraran espontáneamente. No obstante, se les insistió antes de finalizar la entrevista a que recordasen más cosas del interior del cuerpo. Sobre este punto volveremos en la discusión de los resultados.

8.2.1- Ideas sobre el circulatorio: corazón, sangre y venas

El Cuadro 8.1 muestra la red de análisis correspondiente a los elementos del circulatorio que aparecen en las entrevistas y dibujos de los preescolares. Los números entre () que siguen a una categoría terminal indican su frecuencia en la muestra.

Cuadro 8.1 - Resultados: el corazón la sangre y las venas (N=27)



Vamos a realizar una lectura detenida de los resultados de esta red, por ser la primera que se analiza. Para el resto de los sistemas el comentario será más breve.

El **corazón, venas y la sangre** son elementos del sistema circulatorio que aparecen en las ideas de los niños de esta edad.

- Los 23 niños que dibujan el corazón lo hacen dándole la forma prototípica popular. lo nombran correctamente y la mayoría lo sitúa en su lugar aproximado.
- Las venas y la sangre aparecen sólo en algunos de los dibujos. Las venas están representadas por trazos que van por todo el cuerpo Figura 8.2 (Dbj. nº 16), o por los brazos (Dbj. nº 23), o están en las muñecas (Dbj. nº 24).
- La sangre aparece, generalmente, igual que las venas (Dbjs. nº 16, 21).

La mayoría de los niños dicen no saber de qué están hechos estos elementos. El corazón es el único al que algunos le atribuyen una determinada naturaleza que expresan así:

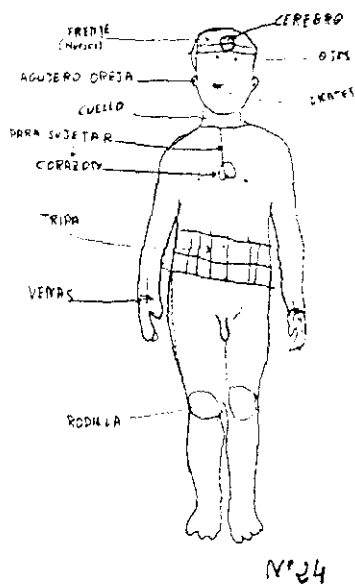
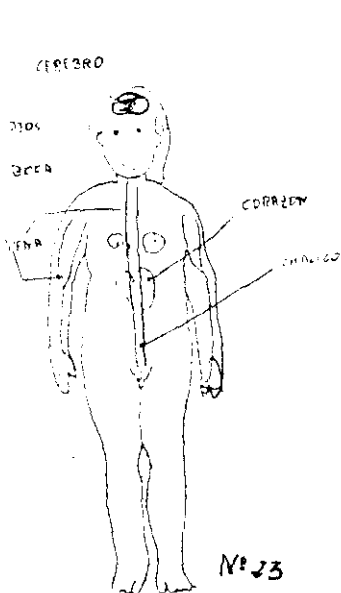
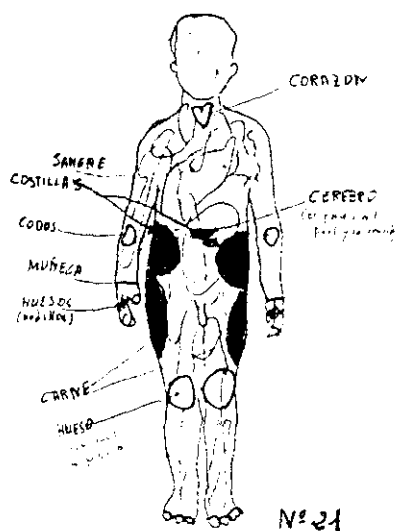
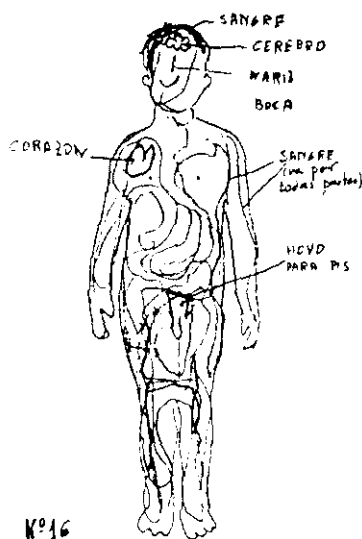
- un 26% de los que lo dibujan dicen que el corazón está hecho de sangre; son los que corresponden al paradigma:
(NATURALEZA (MATERIAL (ESPECIFICA)));
- un número menor responde a la cuestión de la NATURALEZA señalando una propiedad perceptiva que seguramente conocen: "*el corazón es rojo*", o "*está hecho de.....es rojo, fuerte y flojo*" (referencia al latido).

En cuanto a las funciones atribuidas al corazón:

- un 50% de los conocedores del corazón le atribuyen una función **GENÉRICA** de mantenimiento de la vida; suelen decir: "*el corazón es para vivir*", o "*es para que no te muéras*";
- un número menor de respuestas tienen carácter **INTENCIONAL**, por ejemplo: "*el corazón es para tener sentimientos*" o "*para tener pensamientos*";
- un número igualmente bajo explican la función de **OTRA** categoría que en este caso hace relación a una Acción Perceptible que le atribuyen al corazón, por ejemplo: "*el corazón es para latir*" o "*es lo que te mueve*".

La función atribuida a lo que los niños denominan venas es uniforme, "*son para circular la sangre*", es decir explicitan una característica que de algún modo puede considerarse, como en el caso del corazón, como una Acción Perceptible.

Figura 8.2- El interior del cuerpo según los preescolares



Las respuestas relativas a la función de la sangre son GENERICAS, por ejemplo: "*la sangre es para vivir*". En un sólo caso le fué atribuida una función INTENCIONAL: "*la sangre es para que salga cuando te haces una herida*", dijo una niña.

Además, hemos visto cómo algunos preescolares relacionan la sangre con el corazón como componente constitutivo del mismo. Pero sólo un niño relacionó corazón y sangre introduciendo una idea vaga de circulación: "*la sangre circula por los brazos, por las piernas, por el cuerpo, por la cabeza, por todo el cuerpo hasta llegar al corazón*"

La red del Cuadro 8.1 que acabamos de comentar, nos indica las tendencias que se dan en el grupo de los preescolares sobre el corazón, la sangre y las venas.

Las ideas de cada niño conforman un Paradigma determinado en la red, que se representa por un código. Por ejemplo el código correspondiente al alumno nº 23 de las tablas 1 y 2 del Anexo I sería :

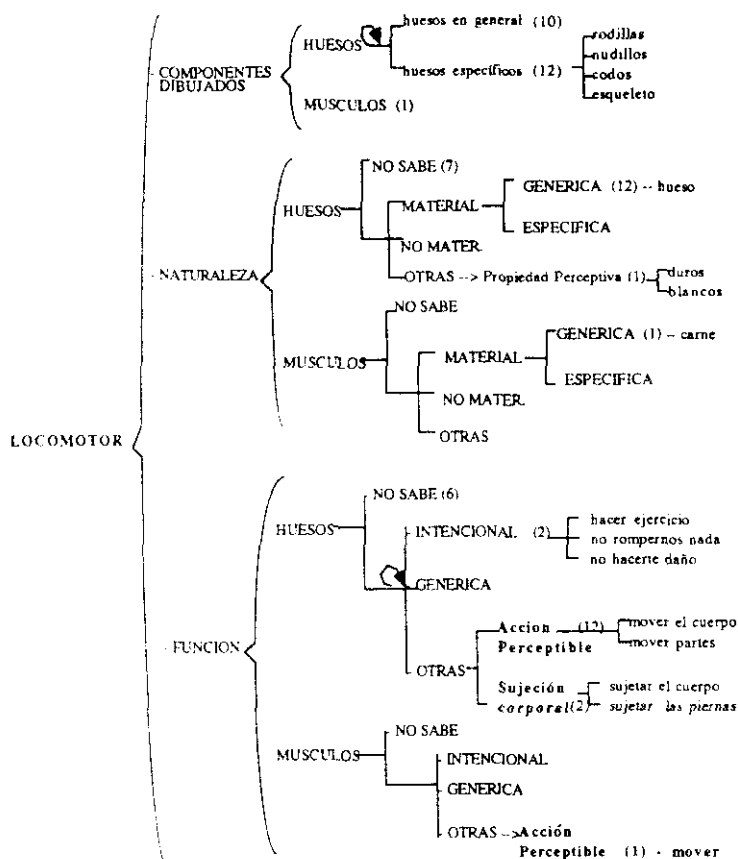
COMPONENTES DIBUJADOS	(CORAZÓN) (VENAS)
NATURALEZA	(CORAZÓN (NO SABE)) (VENAS (NO SABE))
FUNCION	(CORAZÓN (GENERICA (mantener la vida))) (VENAS (AC. PERCEPTIBLE (circule la sangre)))

8.2.2- Ideas sobre los huesos

De los 27 preescolares de la muestra, 20 (75%) señalan algún tipo de huesos en el interior del cuerpo; 9 de los 20 niños los dibujan de forma alargada, con dos extremos bien diferenciados, y los sitúan en las extremidades y por el tronco; algunos dibujan en el tronco unas rayas que podrían referirse a las costillas, pero en ningún caso las nombran. Solo un niño dibuja y nombra los músculos.

La red del Cuadro 8.2 muestra los datos del análisis. Al hablar de los huesos los niños los denominan con el nombre genérico, o bien señalan nombres de huesos específicos, por eso se han diferenciado estas dos entradas en los COMPONENTES DIBUJADOS.

Cuadro 8.2- Resultados sobre los huesos (N=27)



Tanto cuando hablan de huesos específicos, como si los designan de modo genérico, les atribuyen una NATURALEZA material GENERICA, que en este caso es tautológica, dicen que están hechos de "hueso"; sólo una niña respondió a la naturaleza con una Propiedad Perceptiva, "los huesos son de.... blancos y fuertes"

En cuanto a la FUNCION atribuida a los huesos:

- Cuando dibujan huesos por todo el cuerpo dicen que *"son para moverse"*, *"para que se pueda mover el cuerpo"*. Si se refieren a huesos concretos les atribuyen el movimiento de la parte específica en que lo sitúan. Por ejemplo, un niño que dibujó las rodillas, los codos, y los nudillos, les atribuyó las funciones de mover las piernas, los brazos y los dedos, respectivamente. El movimiento se ha considerado en la red como Acción Perceptible.
- Sólo dos niñas les atribuyen una actividad de tipo INTENCIONAL, *"las rodillas son para doblar, correr y hacer ejercicio con ellas"*.

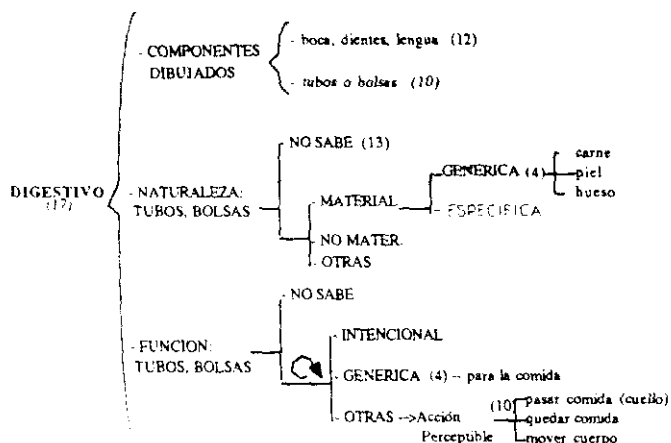
En relación al otro elemento del sistema locomotor, el único niño que dibujó e hizo mención de los músculos lo expresó del modo siguiente: dibujó lo que denominó "músculos de la rodilla" y puso una serie de rectángulos en los hombros explicando que, *"esto es para doblar los brazos y están hechos de la carne que comemos"*, y añadió que los músculos son para poder movemos. (Figura 8.1, nº 19).

En términos generales puede decirse que los preescolares conocen que tienen huesos en el interior del cuerpo: el 70% les atribuyen funciones relativas al movimiento del cuerpo, y en muy pocos casos indican otro tipo de función. Es infrecuente que describan el movimiento en términos de actividades intencionales.

8.2.3- Ideas sobre el digestivo

Algunas de las cosas que los niños dibujan en el interior del cuerpo corresponden a partes del tubo digestivo: tubos y bolsas alojados en el tronco, estómago y tripa, además de la boca, dientes, y la mención de la comida. Son 17 niños (63%) los que dibujan espontáneamente alguno de estos elementos, pero sólo 10 (37%) se refieren a tubos o bolsas; el resto se reducen a partes relacionadas con la boca. El Cuadro 8.3 muestra la red de resultados.

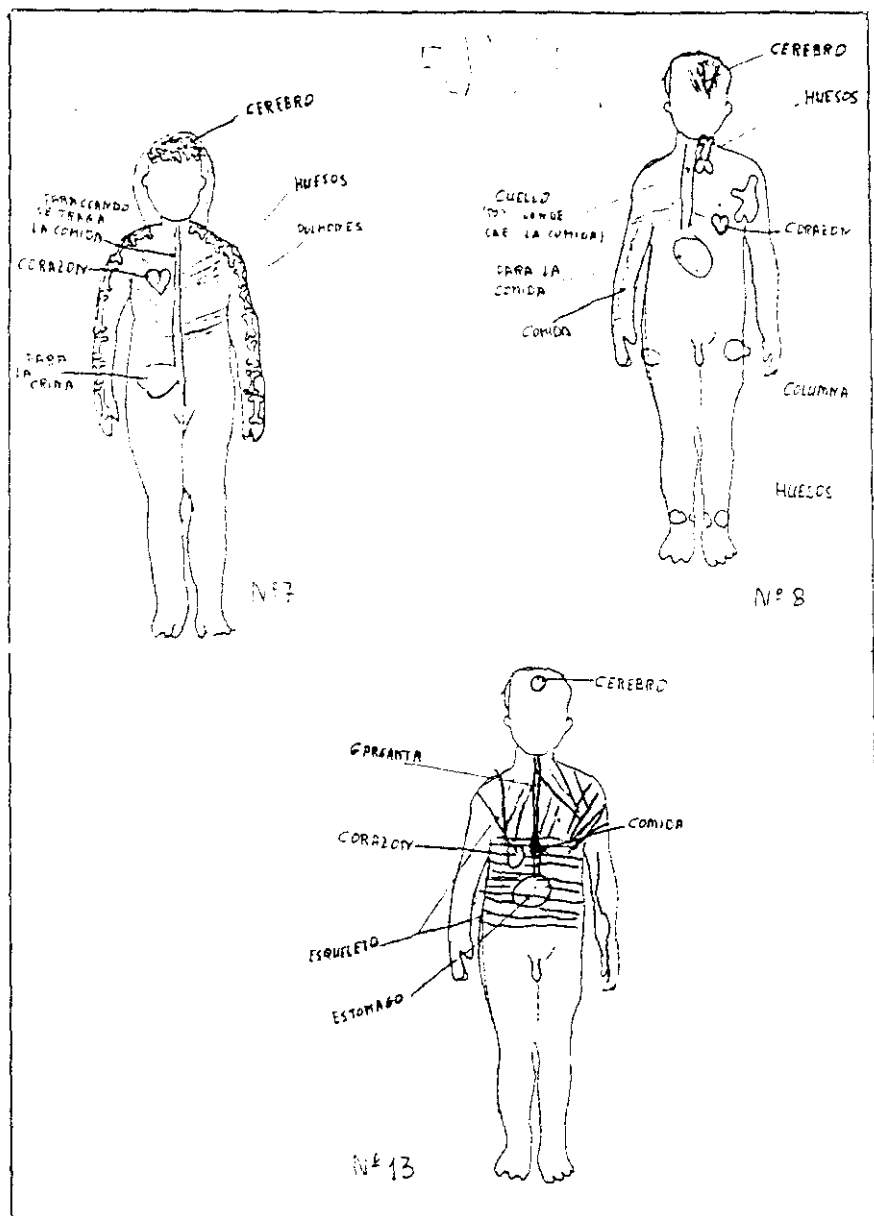
Cuadro 8.3- Resultados: ideas sobre el digestivo (N=27)



Hay dibujos que representan un tubo desde el cuello al final del tronco, con un ensanchamiento hacia el final (Figura 8.3, dibujo nº 7; Figura 8.1, nº 11). Sus autores señalan que este tubo es por donde baja la comida (Acción Perceptible), y el ensanchamiento del final es: bien para que se quede la comida, o la bolsa de la orina. El autor del Dbj. nº 11 lo explicó de esta manera: *"esto es la boca, que es para masticar y comer; esto es la comida y el tubo para tragar, y esto del final es para que se quede la comida"*.

Otros dibujos suelen señalar el inicio de un tubo desde la altura de la garganta, al que denominan 'cuello' (Figura 8.3, Dbj. nº 8) y cuya función es "tragar", *"que la comida baje para abajo"*, etc.

Figura 8.3- El interior del cuerpo (ver tramos del digestivo)



Únicamente dos niños nombran el estómago y lo dibujan como un ensanchamiento. Ambos lo relacionan con la comida: *"el estómago es para tener la comida dentro"* (Figura 8.3, Dbj. nº 13), *"el estómago es para que vaya la comida a la tripa; está hecho de carne"*.

Tres niños hablan de "las tripas" pero sólo uno las relaciona con la comida; del resto, uno le atribuye funciones relacionadas con el movimiento y dice que son de hueso, y el otro se refiere a la parte externa del abdomen.

Los niños que nombran la comida la relacionan con este sistema de tubos y bolsas que dibujan. Los datos parecen indicar que un 25% de los preescolares comienzan a pensar en términos de una trayectoria fija para los alimentos que ingieren. No hay indicios de que consideren ningún tipo de transformación de los alimentos, ni señalan dónde acaban, ni hablan espontáneamente de la excreción.

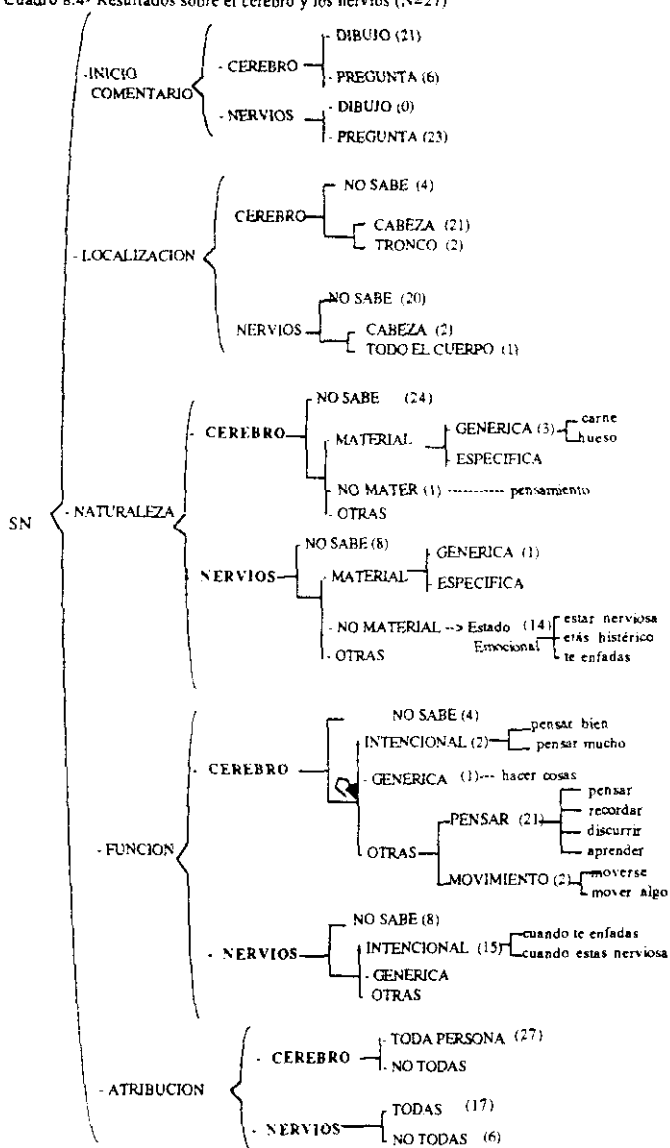
8.2.4- Ideas sobre el cerebro y los nervios

El Cuadro 8.4 muestra la red construida para dar cuenta de los elementos del SN que los preescolares señalan en los dibujos y en la entrevista sobre el cuerpo. Tiene el mismo esquema que los otros sistemas que acabamos de referir, pero se han añadido las categorías siguientes:

- > INICIO COMENTARIO pone de manifiesto si el cerebro o los nervios fueron espontáneamente dibujados por los niños (DIBUJO), o hablaron de ellos inducidos por las preguntas directas en la entrevista (PREGUNTA)
- > LOCALIZACION explicita dónde sitúan los niños dichos elementos.
- > ATRIBUCION recoge las ideas de los niños sobre la posesión de estos elementos por todas las personas o sólo por algunas.

Los resultados ponen de manifiesto las tendencias siguientes.

Cuadro 8.4.- Resultados sobre el cerebro y los nervios (N=27)



Ideas sobre el cerebro

El 78% de los niños dibujan el cerebro de modo espontáneo, y de los 6 niños que no lo dibujaron, 3 lo nombraron durante la entrevista y sólo los 3 restantes no saben nada de él.

Cinco niños no saben dónde está el cerebro. De los que lo dibujan, dos lo hacen fuera de la cabeza, y el resto lo sitúa en esta parte del cuerpo, pero ocupando únicamente el plano superior; lo representan generalmente como una forma globular o redondeada (ver figuras anteriores). Lo representan generalmente como una forma redondeada.

La gran mayoría de la muestra dice que NO SABE de qué está hecho el cerebro: unos pocos dicen que es de carne y/o hueso (GENERICA), y sólo un niño dijo que "el cerebro está hecho de carne y de pensar" (MATERIAL (GENERICA))(NO MATERIAL).

En relación a la FUNCION del cerebro, excepto 4 niños que dicen no saber para qué es el cerebro, todos los demás le atribuyen al menos un cometido:

- La función mayoritariamente atribuida al cerebro es PENSAR. Son 21 los preescolares que dicen que necesitamos en cerebro "*para pensar*" y algunos le añaden otros matices cognitivos relacionados con actividades escolares. Un niño describió de este modo para qué es el cerebro: "*el cerebro es para pensar cosas, para leer, para si te acuerdas de una cosa, para que leas y conozcas las letras, para que pienses mucho*".
- Los 2 niños que relacionan el cerebro con el MOVIMIENTO, lo han situado en el tronco y no le han atribuido ninguna función de tipo cognitivo.
- Las frecuencias de la categoría INTENCIONAL hacen también relación a aspectos mentales a los que los niños les atribuyen una determinada cualidad, como por ejemplo "pensar bien".
- Todos los preescolares están seguros de que TODA PERSONA tiene cerebro.

Ideas sobre los nervios

El conocimiento que los niños tienen de los nervios presenta un panorama muy diferente; no son dibujados ni nombrados espontáneamente por ninguno de los preescolares de la muestra. Sólo hablan de los nervios cuando se les pregunta directamente, y dicen no saber dónde están, excepto 3 niños que dijeron, uno que "los nervios están por todo el cuerpo, por la cabeza, en los codos en los pies", y los otros dos que "están en la cabeza". No obstante ninguno los dibuja.

Los preescolares hablan de los nervios en los términos siguientes:

"los nervios son cuando estás muy nerviosa . Mi abuela por ejemplo, estaba muy nerviosa y lloraba de repente."(Al. nº 1)

"los nervios son cuando te enfadas. No sé cómo son porque no los he visto" (Al. nº7)

"los nervios son para cuando un señor se pone nervioso con otro y le pega"(Al. nº21)

"los nervios es cuando te pones nerviosa, puedes gritar a papá y a mamá y a tu hermano" (Al. nº 11).

Lo que parece claro es que los niños hablan de los nervios como de una situación emocional en la que se encuentran las personas, y no se refieren a ellos como elementos corporales con entidad material. El único significado del concepto nervios en esta edad se corresponde con el que en el lenguaje común se utiliza para designar estados de intranquilidad, inquietud, excitación, etc., es decir, con el "estar nervioso".

En lo referente a la ATRIBUCION, más de la mitad de los preescolares creen que TODAS las personas tienen nervios; de los que opinan que no todas tienen, una buena parte dicen que ellos no tienen nervios.

8.3- La actividad corporal

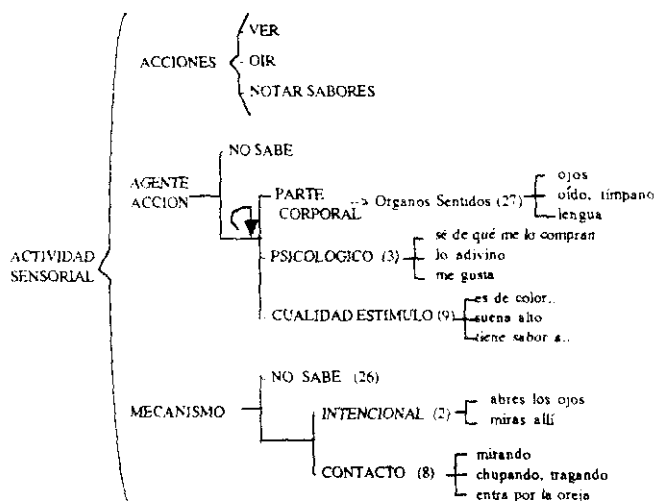
Este apartado explicita las ideas de los preescolares sobre las causas de ciertos comportamientos corporales. Las redes de los Cuadros 8.5 y 8.6 ponen de manifiesto los resultados obtenidos para cada uno de los tipos de acciones

investigadas a través de la entrevista sobre situaciones descripta, que se aplicó a 12 niños.

8.3.1- Actividad sensorial: ver, oír, gustar

La red del Cuadro 8.5 corresponde a las explicaciones infantiles de por qué podemos ver, oír y conocer el sabor de una cosa. Como cada niño habla de tres acciones, cada categoría terminal puede llegar a tener hasta 36 frecuencias.

Cuadro 8.5 Explicaciones sobre acciones sensitivas (N= 12)



El AGENTE más común al que los niños recurren para explicar actos sensoriales es la existencia de una PARTE CORPORAL, los Organos de los Sentidos, que realiza dicha acción. Podemos ver "porque tenemos ojos", oír "porque tenemos oídos en la orejas", o "por el tímpano del oído", etc.

Cabe destacar que en el caso del gusto los preescolares aluden con más frecuencia a causas diferentes del órgano especializado. En la entrevista la tarjeta del gusto hace referencia a comer un helado, y si los niños contestaban en primer

lugar con una característica visible del helado (ej., el color), u otro tipo de respuesta, se les seguía preguntando cómo lo sabrían si tuvieran los ojos cerrados. Las contestaciones de los niños eran de estos tipos:

"porque el juguito sabe a limón y lo noto en la boca", (Alm. nº1)

"se nota con los gustos que tiene el cuerpo; me parece que están por la lengua" (Alm. nº2)

"porque sé de qué me lo van a comprar", (Alm. nº3)

"si no lo ves no sabes de qué es", (Alm. nº7)

"porque tiene sabor, y también tenemos la lengua", (Alm. nº10)

"cuando lo pruebo se nota el sabor, en la boca, en la lengua", (Alm. nº22)

Las contestaciones a la acción del gusto son las que llenan las sub-categorías de AGENTE ACCION diferentes de la PARTE CORPORAL, que prácticamente no aparecen en los otros sentidos.

Los resultados de AGENTE ACCION pueden estar relacionados con la experiencia directa que los niños tienen de los órganos de los sentidos, reforzada posiblemente por actividades realizadas en el tiempo de escolaridad transcurrido. Esto explicaría sobre todo los resultados relativos a la vista y el oído. El caso el gusto podría ser interpretado por el hecho de que el sabor de las cosas está más conscientizado y diferenciado en la experiencia infantil que las cualidades de los estímulos relativos a la vista (que harían referencia a la luz), o al oído (sonido).

En lo que respecta a los MECANISMOS corporales para dar cuenta de las acciones sensitivas, hay que señalar que los niños no saben dar cuenta de ellos. Cuando se les pregunta: ¿sabes cómo hace el ojo para poder ver, o el oído para poder oír?, los preescolares se suelen quedar callados; la pregunta parece resultarles extraña. Si se les insiste, suelen decir que NO SABEN, y en algún caso dan respuestas como las siguientes:

"la lengua ,como lo chupa, se le vá quedando el sabor " (Alm. nº10)

" para poder ver los ojos miran lo que quieres ver " (Alm. nº 1).

"los oídos tiene un agujero y les entra el sonido y lo oyes " (Alm. nº11)

"hay unos tubos que ván de la cabeza a los oídos, entra la música y llega hasta el otro oído " (Alm. nº 19).

Las respuestas a esta categoría parece que pueden agruparse en tres sub-categorías: NO SABE, INTENCIONAL y CONTACTO Esta última representa las explicaciones expresadas en términos de una acción elemental (chupar, entrar por la oreja, etc) que parece requerir un contacto del órgano con la fuente del estímulo.

8.3.2- El Movimiento

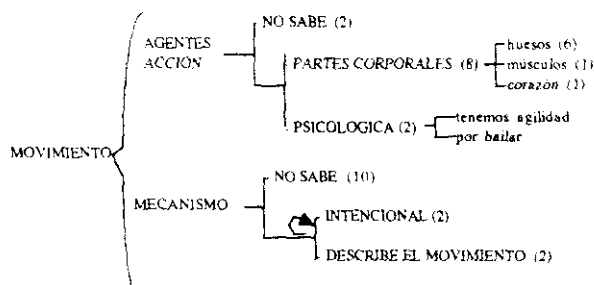
El Cuadro 8.6 pone de manifiesto que los niños explican el movimiento atribuyéndolo mayoritariamente a PARTES CORPORALES internas que han aparecido en sus dibujos: los huesos (son los más nombrados), los músculos y el corazón.

Como en el caso de los sentidos, la mayoría NO SABE proponer un mecanismo que relacione los huesos con el movimiento. Los dos niños que lo intentan describen el movimiento desde la perspectiva de un acto voluntario:

"intentas levantar el pié y se mueve un poco" (Alm. nº1)

"[explica el movimiento de saltar] tienes que agachar las rodillas y luego estrarlas para arriba y los pies" (Alm. nº2)

Cuadro 8.6- Explicaciones sobre el movimiento (N=12)



8.3.3- Sentimientos

Como esperábamos en el caso de los sentimientos, los preescolares hablan de ellos en términos PSICOLÓGICOS, refiriéndose a las causas circunstanciales que provocan dichos estados. Por ejemplo:

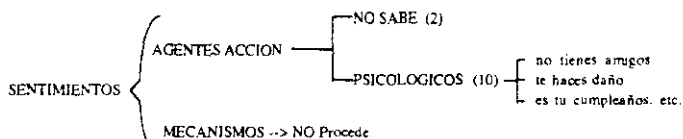
"cuando te pones triste es que te aburres y nadie quiere ser tu amigo, y no sabes a qué jugar con nadie" (Alm n°1)

"si alguien te dice algo y tú no le contestas es porque estás enfadado y todas esas cosas" (Alm. n°10)

"(triste) algo le ha pasado (al cuerpo), alguna cosa mala" (Alm. n°11)

"el cuerpo cuando estás alegre pues ...te ríes con la boca" (Alm. n°7)

Cuadro 8.7 Resultados sobre sentimientos (N=12)



En ningún caso hicieron referencia a partes corporales. A alguno de los niños se les preguntó si ponerse triste o alegre estaba relacionado con alguna parte especial de su cuerpo, y la respuesta fue que "con todo".

En el enfoque que los niños adoptan al hablar de los sentimientos, no había posibilidad de desarrollar la categoría MECANISMO: los niños señalan simplemente que cuando te pones triste puedes llorar, pegar a tu hermano; cuando estas alegre te ríes, etc.

8.3.4- Pensar

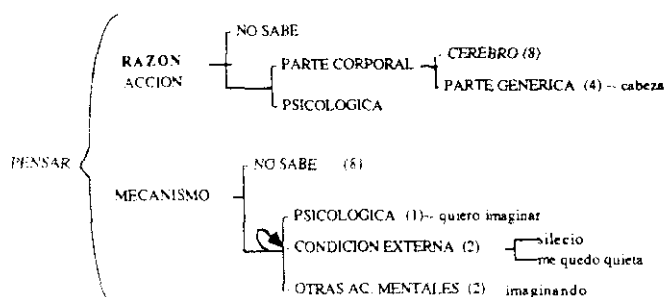
Este tipo de actividad se incluyó, como queda dicho, para facilitar la referencia al cerebro. La capacidad para esta acción mental (Cuadro 8.8) la atribuyen mayoritariamente a una PARTE CORPORAL, el cerebro, lo cual es consistente con la descripción que de él hicieron al dibujarlo en el cuerpo.

También en este caso NO SABEN cómo funciona el cerebro para poder pensar, pero en algún caso particular lo explican así :

"Para poder pensar la cabeza funciona estando callada y imaginando cosas."(Alm.nº22)

"Para poder pensar me quedo quieta y empiezo a pensar." (Alm. nº1)

Cuadro 8.8- Explicaciones sobre pensar. (N=12)



Tomando el conjunto de las acciones corporales, se observa que la categoría NO SABE de AGENTE ACCION tiene frecuencias significativamente menores que esta misma categoría en MECANISMO, que aparece muy llena. Esto pone de manifiesto que los preescolares son capaces de buscar causas de estas acciones, pero no dan cuenta de cómo operan para producir sus efectos.

Al pensar en las acciones corporales que realizan, las asocian principalmente a partes corporales específicas que conocen, siendo escasas las explicaciones en términos intencionales o de comportamientos particulares, excepto en el caso de los sentimientos.

Teniendo en cuenta la dificultad expuesta para desarrollar la categoría MECANISMO, parece que a estas edades existiendo la acción y una causa

determinada es suficiente; sobra cualquier otro tipo de explicación, al menos desde el plano corporal en que se les plantean las cuestiones.

8.4- ¿Tienen los preescolares modelos mentales sobre el SN?

Hemos visto que los preescolares conciben los órganos internos que conocen como elementos sueltos, sin conexiones físicas entre ellos. Tampoco establecen relaciones funcionales, en el sentido de relacionar dos o más órganos con una misma actividad corporal. Desde esta situación, no existen modelos de "sistemas" en las ideas de los niños: no hay constituyentes o componentes materiales que conformen un sistema determinado. Lo que sí se puede analizar es si existen modelos mentales de órganos, considerados de modo independiente.

¿Podemos hablar de modelos mentales del cerebro?

De los 27 preescolares, 23 reconocen el cerebro como un componente del cuerpo que sitúan en un lugar determinado del mismo: los 4 niños restantes no saben localizarlo en el cuerpo. Los 23 niños que sitúan el cerebro le adjudican una determinada función en el cuerpo.

Tenemos por tanto 23 niños que:

- > Poseen una imagen de la *topología* del cerebro caracterizada por: ser un elemento de forma redondeada, con una determinada localización en el cuerpo.
- > A este elemento le adjudican una *función*. Llama la atención en las ideas de estos niños sobre el cerebro la relación entre su localización topográfica y la función que le asignan:
 - los 21 preescolares que dibujan el cerebro en la cabeza le atribuyen la función de "pensar":
 - 2 que lo sitúan en el tronco (ellos dicen en la cintura) lo relacionan con el movimiento del cuerpo.

Los 4 niños que no saben localizar el cerebro tampoco saben para qué es. Una niña de este grupo señaló que, "*Dentro de la cabeza tenemos una cosa para*

pensar, pero no sé como se llama. Si sé que si se rompe se te olvida como te llamas". Sin embargo esta niña dice no saber qué es el cerebro ni dónde está.

Parece posible que la función atribuida al cerebro sea una inferencia de su localización, pero tampoco es descartable la influencia del aprendizaje social.

El "pensar" atribuido al cerebro tiene: bien un caracter parcial, marcadamente intelectualista (lo explicitan como discurrir, aprender); o un caracter genérico: pensar lo que quieres, pensar cosas, etc. Ninguno de los niños relaciona explícitamente el "pensar" del cerebro con el soporte cognitivo de las acciones sensoriales o motoras: esto es, nunca aparece el cerebro relacionado con los sentidos (para pensar lo que vemos, saber lo que oímos, etc.), ni con el movimiento (saber a qué le das la patada, saber a dónde vas, etc).

Los preescolares no saben dar cuenta de *mecanismos de ejecución* por los que el cerebro realiza su función. El cerebro es *locus y causa* de la función; no necesitan más explicaciones.

Esta representación tan limitada del cerebro dificulta el comprobar su *poder predictivo* en los niños. En esta edad no parecen diferenciar -a no ser que se les explicita directamente- entre ver y pensar lo que ven, oír y saber lo que oyen, etc.

En la representación mental sobre el cerebro de estos preescolares se pueden diferenciar, como acabamos de ver, esbozos de algunos elementos de los que autores como Norman, de Kleer y Brown, y otros citados anteriormente, utilizan para tipificar los modelos mentales. Nos inclinamos por considerar que, en este momento, los niños poseen elementos de un rudimentario o incipiente modelo mental, cuya coherencia interna y poder predictivo está limitado a un ámbito muy reducido de situaciones: las que explicitan abiertamente un requerimiento cognitivo.

¿Hay modelos mentales de los nervios?

Las ideas de los preescolares sobre los nervios son muy homogéneas, como hemos podido ver en los análisis precedentes. No les adjudican entidad material; son un estado psicológico determinado.

Desde el punto de vista de los modelos mentales, podemos afirmar que no existen en relación a los nervios como entidades biológicas; es decir, no poseen una representación mental de los nervios como elementos con una entidad material, localizables en el cuerpo. Lo que sí poseen estos niños es una representación mental de un estado psicológico que el lenguaje común designa como "estar nervioso". No nos ha interesado analizar la estructura de dicha representación.

8.5- Discusión: las ideas de los preescolares sobre el cuerpo humano

Los únicos estudios localizados que consideren niños de estas edades son: el de GELLERT (1962), que trata el tema del contenido del cuerpo en una muestra de niños hospitalizados, y el de JONHSON Y WELLMAN (1982), sobre el cerebro. Los de CRIDER(1981) y CAREY (1985) son de tipo interpretativo, pero no aportan datos de nuevas muestras, ya que utilizan principalmente los resultados de Gellert para estas edades. Estos cuatro trabajos serán las principales referencias que utilizaremos en la discusión de nuestros resultados.

Haremos también referencia al trabajo de NAGY (1953), cuya muestra incluye niños de 4 a 12 años, y se centra en conocer sus ideas sobre el contenido de la cabeza, los procesos digestivos y los respiratorios. Pero tiene la dificultad de presentar los resultados de modo global, sin diferenciarlos por edades, lo que impide comparaciones más ajustadas.

Estructuramos esta discusión sobre las ideas de los preescolares en los puntos siguientes:

- El contenido del cuerpo humano.

- Los órganos internos y las acciones corporales: aspectos fenomenológicos e interpretativos.
- El cerebro y los nervios en el contexto de otros sistemas.
- Los modelos mentales del cerebro y los nervios

8.5.1- El contenido del cuerpo humano

El promedio de partes internas que mencionan nuestros preescolares (3.8) coincide con el de la muestra de Gellert (3.3), pero las frecuencias de las partes nombradas difiere notablemente. La Tabla 8.3 muestra las diferencias entre las partes nombradas por cada muestra de niños.

Gellert señala que en su grupo de 4.9 a 6.11 años:

" Hay una tendencia a concebir el contenido del cuerpo, en gran parte, en términos de lo que los niños han observado que entra y sale de él. Por tanto nombran con frecuencia la comida, bebidas, caca, sangre y orina (agua). Schilder y Weschsler (1935) han publicado resultados similares. En su estudio ¿Qué conocen los niños sobre el interior de su cuerpo? señalan que los niños pequeños dicen típicamente que el cuerpo contiene los alimentos comidos recientemente. Pero, incluso a esta edad temprana, el 50% de los niños conocen que tienen al menos un ingrediente 'fijo', los huesos." (p. 314).

Carey (1985), basandose en los resultados de Gellert citados, refuerza la idea expuesta:

"Los niños más pequeños piensan en el contenido del cuerpo en términos de los que han visto entrar y salir de él. Las respuestas dominantes en Gellert son comida y sangre. Los niños también conocen los huesos porque, por supuesto, los pueden notar." (p.42).

Tabla 8.3- Diferencias en las frecuencias de ítems internos nombrados de modo espontáneo por nuestra muestra y la de Gellert (1962)

Estudio:	nuestro	Gellert
Edad:	5.4-6.3	4.9-6.11
Muestra:	N= 27	N=21
CORAZON	23	3
CEREBRO	21	1
HUESOS	20	13
TUBO DIGS (tramos)	8	-
VENAS	5	2
SANGRE	4	10
BOLSA ORINA	3	-
DIENTES	3	1
COMIDA	3	10
ESTOMAGO	2	-
TRIPA	2	2
OIDO (partes internas)	2	-
PULMONES	2	2
LENGUA	1	1
CAMPANILLA	1	-
PELO (raíz)	1	-
MUSCULOS	1	-
RINONES	-	1
AMIGDALAS	-	1
BEBE	1	-
MICROBIOS	1	-
VEGETACIONES	-	1
APENDICE	-	1
CACA	-	1
MOCOS	-	1
MEDICINA	-	1
INYECCION	-	1
MEDICINA	-	1
AGUA	-	1
HERIDAS	-	1

Los resultados de nuestro estudio discrepan de los referidos, no en el escaso número de cosas que los preescolares conocen sobre el interior de su cuerpo, sino en que su cualidad es esencialmente diferente. Corazón, cerebro y huesos son espontáneamente nombrados, al menos, por un 75% de los niños, mientras que la sangre y la comida tienen frecuencias muy bajas.

El hecho de que los niños de Gellert estén hospitalizados podría dar razón de algunas de las diferencias encontradas en las dos muestras sobre el contenido del cuerpo. Por ejemplo: la mayor frecuencia con que nombran la sangre, la cantidad de elementos relacionados con aspectos médicos (ver final de la Tabla 4.3), e incluso la mayor frecuencia con que nombran la comida, podría deberse a la situación especial en que se encuentra estos niños. Gellert señala a este respecto:

" estar hospitalizados influyó probablemente en el tipo de respuestas dadas. Algunos de los niños, especialmente los que tienen problemas crónicos, pueden haber estado expuestos a más información que la que normalmente tienen los niños sanos." (p. 339).

Ciertamente, estar hospitalizados influyó en las respuestas de los niños, pero no en conocer más cosas que los sanos -por lo menos en este tramo de su muestra- sino en nombrar cosas distintas. No conocemos estudios contemporáneos del de Gellert que nos indiquen qué conocían los preescolares sanos en esos años. En el supuesto de que no tuvieran conocimientos diferentes de los señalados, quizás podría atribuirse el incremento de los conocimientos de nuestra muestra a una mayor presencia en la cultura actual de temas relativos al cuerpo y la salud.

Nuestros datos coinciden con lo expuesto por Crider (1982) cuando señala que los primeros órganos reconocidos por los niños son el corazón, los huesos y el cerebro. Justifica este conocimiento temprano señalando que los tres elementos son fácilmente perceptibles:

" El corazón, que puede ser percibido cuando late, los huesos, que se pueden sentir a través de la piel, y el cerebro que puede ser identificado por el hablar interno que acompaña al pensamiento." (p. 60).

Aunque la perceptibilidad que le atribuye al cerebro nos parece de un orden diferente al de los otros órganos, lo que queda sin explicar desde las razones de Crider es por qué los niños de Carey, y los de estudios anteriores, no notaron esta perceptibilidad. De nuevo pensamos que el aprendizaje por transmisión social puede ser un factor importante en el aumento de los conocimientos en estas edades, junto a la experiencia directa de algunos aspectos corporales.

Es muy posible que los niños conozcan más órganos internos (como el estómago, o "las tripas"), de los que nombran de modo espontáneo. De hecho, los

pocos que no dibujaron el cerebro lo añadieron al preguntarles por él, y en las entrevistas de Gellert, los pequeños hablan de cosas que no han dibujado. Sin embargo, lo más probable es que no conozcan más que el nombre o la existencia de algún otro ítem, a juzgar por lo que saben de lo que dibujan, tanto en nuestro trabajo como en el de Gellert.

8.5.2- Los órganos internos y las acciones corporales

Aspectos fenomenológicos

Características de los órganos internos

- En lo que se refiere a la naturaleza de los órganos corporales:
 - La mayor parte de los preescolares dicen no saber de qué están hechas las cosas internas que conocen: sólo en el caso de los huesos dieron mayoritariamente una respuesta de tipo genérico/tautológico: los huesos son de hueso.
 - Estos resultados contrastan con los de Nagy (1953), que señala que los niños, hasta los 12 años, piensan que todos los órganos están constituidos de los mismos elementos : hueso, piel, carne y sangre. No obstante, en el trabajo citado no acaba de quedar claro si esta pregunta fué dirigida a los preescolares o a los niños de 8 años en adelante.
- Respecto a las funciones de los órganos, cabría señalar dos tendencias:
 - un porcentaje considerable de respuestas (56% en relación al corazón, 35% a los huesos y 76% a tramos del digestivo) corresponden a la categoría de NO SABE; los niños afirman no conocer cuál es la función, o qué es lo que hacen los órganos internos cuyo nombre conocen, a excepción del cerebro, en que sólo un 15% dijo no conocer para qué era.
 - un porcentaje menor señala algún tipo de funciones. En general atribuyen una sólo función a cada órgano: al corazón la función genérica de mantener la vida; a los huesos una de tipo perceptivo, el movimiento; a los tubos del digestivo que pase o vaya la comida; y al cerebro la función de pensar.

• Los tipos de respuestas para las funciones de los órganos de nuestra muestra, coinciden con las categorías de mayor frecuencia de Gellert, aunque los porcentajes para categorías semejantes sean diferentes. Por ejemplo:

- es menor el porcentaje de nuestros preescolares que describen la función del *corazón en términos de su actividad (latir)*;
- mientras que la función atribuida mayoritariamente a los huesos por los preescolares está relacionada con el movimiento, los niños de Gellert los relacionan primordialmente con la sujeción y la dureza corporal;
- los de Gellert identifican el estómago con la parte media externa del cuerpo, y lo relacionan con la comida; nuestros preescolares dibujan tubos y bolsas internas (alguna la denominan estómago), y son estas estructuras las que relacionan con la comida;
- ninguno de los pocos niños que en ambas muestras nombran los pulmones saben qué función tienen.

Acciones corporales

No conocemos otros trabajos que indaguen las explicaciones que niños de esta edad dan a las actividades corporales que les hemos propuesto, que nos pudieran servir de contraste. Los resultados obtenidos indican:

• Para justificar actividades corporales que le son familiares, los preescolares recurren a señalar la existencia de partes específicas del cuerpo que conocen, a las que le atribuyen ser las causas y agentes de dichas acciones.

- Si bien en el caso de los sentidos los órganos especializados que nombran son en parte "externos", los niños recurren igualmente a los órganos internos que conocen para explicar el movimiento y el pensar. No dicen que pueden mover el cuerpo porque tienen "piernas", o "brazos", o "cintura", sino porque tienen huesos.

• Al justificar las acciones corporales, los niños son consistentes con sus ideas sobre la función que le han adjudicado a los órganos internos que conocen.

- El moverse y el pensar tienen como razón el tener huesos y cerebro, respectivamente. En el caso de algunos sentidos llegan a diferenciar aspectos más específicos, como [podemos oír] "*porque tenemos oídos que están en la orejas*", o "*por el tímpano*".

- Las mismas ideas que aparecen cuando hablan de las partes del cuerpo que han dibujado, son las que utilizan para explicar las acciones; ideas ciertamente muy limitadas.
- En general, no son capaces de describir mecanismos para las acciones:
 - En el caso de los sentidos parece claro que no son capaces de explicar mecanismos, entre otras razones, porque no concientizan los estímulos que inciden sobre los órganos receptores. De hecho, son este tipo de acciones en las que algunos preescolares fueron capaces de establecer algún mecanismo elemental, consistente en una sencilla trayectoria de un estímulo en una estructura.
 - En el caso del movimiento, los únicos niños que intentan explicarlo describen la trayectoria de una parte del cuerpo, con un inicio voluntario.
 - Tanto en los sentidos como en el movimiento, los pocos niños que describen mecanismos lo hacen buscando algún elemento que desencadene la acción en un órgano corporal.
- Los preescolares no relacionan los sentimientos con ninguna parte específica del cuerpo: hablan de un estado provocado por circunstancias externas.
- Las explicaciones a las actividades senso-motoras en términos intencionales y de conductas personales son escasas.

Aspectos interpretativos

Diferenciación e integración de los conocimientos

Si se toman todos los resultados sobre el interior del cuerpo en conjunto, se puede buscar una interpretación desde la propuesta de niveles evolutivos de Crider (1981) (ver Tabla 3.1). Según esta perspectiva, las primeras ideas sobre el cuerpo tendría las características siguientes:

" La primera conceptualización del cuerpo se centra en actividades globales y observables, sin ninguna diferenciación de estructura y función. La niña puede decir 'tu respiras'. Pero no sabe qué sucede al aire que tomanos y ni siquiera se hace esta pregunta. Tampoco conoce ningún órgano interior al que le corresponda esta actividad orgánica. Si

se le pregunta por los pulmones dira ' no sé lo que son, no los he visto nunca'.

Al mismo tiempo, el niño comienza a reconocer ciertas partes corporales diferenciándolas por su localización espacial, tales como el estómago, los huesos y 'los músculos en el brazo'. Al principio existen como zonas geográficas del cuerpo. El niño ni siquiera se pregunta para qué son o cómo funcionan".

El pensamiento de los preescolares, ¿correspondería a este nivel de conceptualización?. Creemos que una parte de las tendencias descritas en los resultados podrían encajar en esta descripción. Por ejemplo, el que gran parte de los niños contesten NO SE al preguntarles por la función de ciertas partes corporales indicaría la no diferenciación de estructura-función; y la localización bastante aproximada de los órganos que conocen indica que su conocimiento tiene un carácter topográfico.

Sin embargo, en la muestra aparecen también indicios consistentes de un comienzo de atribución de una actividad a cada órgano, aunque sean de tipo genérico o global. Estos resultados estarían más cercanos al segundo nivel de conceptualización, que Crider atribuye a los niños de 6-7 años. La característica principal del pensamiento infantil sobre el cuerpo en este nivel es la descripción de las funciones corporales en términos de actividades y estados perceptivos (trabajar, jugar, estar vivo), y considerar cada órgano como el agente de una de esas funciones.

A pesar de esto, creemos que en este segundo nivel, la descripción sucinta de las actividades o estados perceptivos que realiza Crider necesitaría una mayor fineza de distinciones. Nos parece más útil y clarificador diferenciar las referencias a la función de los órganos en términos de: actividades INTENCIONALES (trabajar, jugar, hacer ejercicio); GENERICAS, cuando las actividades tienen un carácter biológico pero global (mantener la vida, estar vivo); o de ACCION PERCEPTIBLE fácilmente en el órgano, con carácter no intencional (pasar la comida -referida al tubo del cuello-, o el movimiento -para los huesos-).

De hecho, los preescolares de nuestro trabajo que atribuyen alguna función a los órganos que conocen, tienen tendencia a expresarlas en términos de actividades genéricas globales, o de acciones perceptibles, más que en términos de actividades claramente intencionales. Esto no significa que los contenidos de

dichas categorías tengan un carácter "biológico", pero ciertamente no los expresan en términos de comportamientos individuales, deseos, o creencias personales.

¿Psicólogos o biólogos intuitivos?

Carey (1985), al revisar la literatura existente sobre las ideas de los niños en relación a los sistemas del cuerpo humano que conocen, señala que existe una evidencia "indirecta" de que los niños menores de 9 años interpretan el funcionamiento corporal en términos de una causalidad intencional; es lo que denomina "psicología intuitiva" y que expresa del modo siguiente:

"La estructura explicativa en que estos fenómenos están embebidos es social y psicológica. Los por qué y por qué razones de estos asuntos, tal y como el niño los entiende, incluyen la motivación individual (hambre, cansancio, evitar el dolor, buscar placer) y las convenciones sociales. Al preguntar por qué la gente come, los de cuatro años contestan, 'porque tienen hambre' o 'porque es la hora de comer'. También pueden decir 'porque si no se moriría' o 'para estar sanos', pero estas no son todavía explicaciones biológicas ya que el niño no conoce mecanismos biológicos por los que la comida tenga esas consecuencias. El niño está simplemente expresando las consecuencias deseables de comer. La explicación biológica, aunque sea en cierto modo finalista, no es intencional" (pp.188-189)

Para que nuestros resultados pudieran ser interpretados desde la propuesta de Carey, tendríamos que aceptar como ella que en los ejemplos de la cita anterior, comer "porque se tiene hambre" o "porque es la hora" pertenecen a la misma categoría de respuestas que comer "para mantenerse sano" o "para no morir", clasificación que no nos parece adecuada. Es cierto que los preescolares conocen pocos órganos internos y sus descripciones de las funciones no tienen categoría de mecanismos biológicos, pero los hechos a los que recurren para dar cuenta de para qué son las cosas que conocen tiene en bastantes casos un carácter más biológico que intencional, aunque sea de tipo muy global.

Si los dos tipos de respuestas que hemos diferenciado fueran intercambiables, esperaríamos haber obtenido en nuestra muestra un número parecido de frecuencias en la subcategoría de FUNCION de los órganos corporales que hemos denominado INTENCIONAL, que en la categoría GENERICA más OTRAS (Acción perceptible), caso que -como ya se ha expuesto- no sucede. Por

otro lado, un cierto número de niños que dibujan órganos internos contestan NO SE cuando se les pregunta por su función. Estos resultados parecen indicar que los preescolares de 5 años no explican mayoritariamente el funcionamiento de los órganos que conocen en términos claramente intencionales, a excepción de los nervios a los que no les atribuyen una entidad material.

Recordemos también que Carey alude con frecuencia a los resultados de Gellert los cuales difieren de los nuestros.

Por otro lado, parte de los datos empíricos que determinan la interpretación de Carey de los preescolares como psicólogos intuitivos, se refieren a la literatura existente sobre algunos aspectos del concepto de "persona" y del "comportamiento humano", en niños pequeños. Los aspectos tratados, además de los sistemas corporales, son: sexo y constancia del sexo, reproducción y origen de los niños, muerte, y crecimiento e identidad personal. Todos ellos tienen una dimensión biológica importante, pero también social, y nos parecen procesos muy complejos para pretender que los niños recurran en primer término a los aspectos biológicos para dar cuenta de ellos. ¿Por qué no indagar las explicaciones que dan los niños a acciones corporales más simples? Esto es lo que hemos pretendido hacer en nuestro trabajo.

El interés que tuvimos en que las situaciones de las tarjetas de la entrevista estuvieran, en la medida de lo posible "descontextualizadas", tenía precisamente como objetivo el centrar a los niños en su cuerpo y no en contextos sociales que propiciarán respuestas en términos de deseos, situaciones, intereses, etc.

Como se ha puesto de manifiesto en los resultados y discusión sobre las acciones investigadas, no podemos afirmar que, a partir de los 5 años, los niños expliquen estos comportamientos en términos psicológicos. Lo hacen refiriéndose a órganos que conocen, a los que atribuyen la capacidad de generar dichos comportamientos.

Es cierto que en nuestros resultados se dan presencias minoritarias de respuestas intencionales, y esto puede significar: bien que son restos de un marco conceptual que se está superando, o, indicios de un estado futuro. Tendremos que esperar a los resultados de los niños más mayores para dilucidar este punto.

En las conclusiones de Carey a su capítulo sobre el cuerpo humano, en la obra de 1985 a la que nos venimos refiriendo, señala el enfoque que ha guiado su revisión, así como su concepción de la "psicología intuitiva" infantil. Apuntamos textualmente la cita que nos parece importante (los subrayados son nuestros).

"Lo que he revisado en este capítulo permite un esbozo parcial del concepto de persona en los niños .

El eje de las concepciones de los preescolares sobre la gente es su interés por conocer la conducta humana. La catalogan y la clasifican (qué conductas son y de qué tipo), hacen generalizaciones sobre sus consecuencias (tanto consecuencias específicas, como engordar por comer demasiados dulces, como generales, tales como premios o castigos) y sus causas (en términos de deseos y creencias).

Aunque los preescolares están preocupados por entender el comportamiento humano, no son conductistas. Por eso, he hablado del marco que tienen los niños para entender la conducta humana como una psicología intuitiva, porque está basada en una causalidad intencional. Morir, crecer, comer, dormir, respirar, el latido del corazón, jugar juegos de niños y niñas y tener niños, son asimilados en este marco. Es suficiente explicar la función del corazón mencionando su comportamiento (late), aunque ciertos niños ven el corazón como el órgano de la emoción y la moralidad, del mismo modo que el cerebro es el órgano mental. No hay inevitabilidad biológica para la muerte y el crecimiento; las causas de cada una se ven en términos de comportamiento humano, al igual que las consecuencias. No hay nada erróneo con asimilar todas estas conductas en una psicología intuitiva; todas tienen allí una función válida" (p.69).

Podemos compartir con Carey el que los niños están preocupados por comprender la conducta humana. Pero, junto a la experiencia social como persona, creemos que los niños de 5-6 años tienen una cierta experiencia de su cuerpo, y lo que nos parece más difícil de compartir es que no diferencien operativamente entre persona (o gente) y cuerpo humano, y entre comportamiento humano y funcionamiento corporal.

Los niños contestan en términos de su experiencia como persona, si se les pregunta de modo más genérico refiriéndose a la 'gente'. Es lo que ocurre con los temas de la muerte, el crecimiento, la constancia del sexo, etc., o cuando se les pregunta "¿por qué la gente come?". Sin embargo, nos parece por los resultados de nuestro trabajo, que si el contenido y/o contexto de las preguntas que se les hace a los niños está más referido explícitamente a su experiencia del 'funcionamiento corporal', los niños son capaces:

- bien de explicarse en términos más 'biológicos', aunque estos sean muy limitados, globales y erróneos; como por ejemplo cuando dicen que hay tubos y bolsas en el interior del cuerpo para que vaya la comida, o cuando atribuyen funciones a órganos que no les corresponden, como el movimiento del cuerpo al corazón;
- o, dicen que no saben; pero no intentan explicaciones en términos psicológicos.

8.5.3- El SN en el contexto de otros sistemas

Los niños de preescolar no relacionan el cerebro con otros elementos internos conformando una entidad más compleja o sistema. No lo hacen tampoco con otros órganos internos que conocen; se limitan a señalar la existencia y localización de ítems aislados.

El cerebro es el órgano interno más nombrado por nuestros preescolares, después del corazón; lo localizan mayoritariamente en la cabeza y le atribuyen la función de pensar. Nuestros resultados son coincidentes con los de Jonhson y Wellman (1982), y contrastan sin embargo con los de Gellert, en cuya muestra aparece el cerebro en un único dibujo, y sólo el 25% de los niños lo nombra al preguntárles por el contenido de la cabeza.

Jonhson y Wellman señalan que atribuir al cerebro la única función de pensar parece indicar que, desde pequeños, los niños tienen un cierto conocimiento de que existen procesos mentales, junto a una visión disociada de las partes del cuerpo y sus funciones. Dicen textualmente:

"Los niños de 3 años ignoran la función del cerebro, pero no evidencian ningún error sistemático.(...) A los 4 años la mayoría de los niños conocen que el cerebro está localizado internamente y que una muñeca, aunque tiene las partes externas de la cabeza, no tiene cerebro. (...) a los 4 años un número significativo de niños asocia el cerebro de modo predominante con actos mentales y no con movimientos corporales." (p.230, 232)

El cerebro es el único elemento del SN que conocen. Desde esta perspectiva, del SN conocen menos elementos que del circulatorio, por ejemplo, en el que además del corazón nombran venas y sangre (aunque con frecuencias mucho más

pequeñas); pero está mas representado que otros sistemas, como el respiratorio (sólo dos niños nombran los pulmones).

La idea de que para los preescolares los nervios no son entidades materiales, sino estados emocionales, aparece también en los resultados de Gellert, y en la muestra 4-12 años de Nagy, un 22% identifican nervios con nerviosismo. Creemos que esta concepción infantil se debe a la influencia del lenguaje común: "estoy nervioso", "no me pongas nerviosa", "no te pongas nervioso, tranquilízate", y expresiones similares, son probablemente familiares a los niños, lo que les hace asociar la palabra nervios a estados particulares.

Parece posible afirmar que, en el contexto de los conocimientos sobre los órganos de otros sistemas corporales, el SN está altamente representado en lo que se refiere a la frecuencia con que los niños nombran el cerebro. Sigue también el mismo esquema que otros sistemas :

- conocen algunos elementos del sistema y no otros:
- representan los órganos como formas aisladas:
- atribuyen una sola función a cada órgano.

8.5.4- Los modelos mentales del cerebro y los nervios

En cuanto a los modelos mentales, las representaciones de los niños sobre el cerebro y los nervios no configuran modelos mentales definidos, aunque cada elemento tiene una situación particular.

En el caso del cerebro, existen elementos que pueden considerarse como los rudimentos de un modelo mental con ámbito de aplicación muy restringida. Estos elementos se refieren: a la localización y topología del cerebro, y a la función que le asignan. En estos momentos, la localización parece ser determinante de la función adjudicada. Pero, los preescolares no dan cuenta de ningún mecanismo de ejecución para el cerebro: es el locus y causa de la función, sin que necesiten más explicaciones. Por otro lado, la limitación de la función atribuida al cerebro, no permite poner de manifiesto el poder predictivo de este incipiente modelo más que en situaciones muy restringidas: las que explícitamente manifiestan requerimientos cognitivos.

La representación de los nervios en los preescolares no corresponde a los nervios como entidades biológicas, sino al estado caracterizado como "estar nervioso" por el lenguaje común. Podríamos señalar que existe un "modelo" de los nervios como estado emocional.

Lo que es interesante en este momento es dejar explicitados los aspectos que han aparecido más definidos en las ideas de los niños sobre estos órganos, para seguir la evolución de su pensamiento; ¿serán estos elementos dispersos el rudimento de modelos mentales posteriores?

No entra en los objetivos de este trabajo analizar si las ideas sobre los demás elementos corporales que los preescolares conocen se organizan en modelos mentales. Sin embargo nuestra hipótesis, que deberá ser puesta a prueba en estudios posteriores, es que en este momento las ideas de los niños sobre los órganos internos que identifican constituirán únicamente modelos mentales incipientes.

9. LAS IDEAS DE LOS NIÑOS DE 3ª DE EGB

Cuando los niños están en tercero, interesaba realizar exploraciones al *comienzo y final de curso por dos razones:*

- 1ª) Las ideas de los niños al comienzo del curso ponen de manifiesto los cambios sucedidos en los años transcurridos desde preescolar, teniendo en cuenta que no ha existido *instrucción formal sobre ningún aspecto del interior del cuerpo humano.*
- 2ª) Las ideas de los niños al final del curso nos proporcionan indicios de la influencia de la instrucción, por comparación con las encontradas al comienzo. En tercero de EGB *inician los niños el estudio sistemático del contenido del cuerpo humano.* Los aspectos que se les plantean en este curso son: El Aparato Locomotor y Los Sentidos.

En beneficio de la concisión, y para evitar repeticiones innecesarias, al comienzo de curso sólo se exploran aquellos aspectos de las ideas de los niños más centrales al tema de la investigación, y sobre los que vá a recaer la instrucción. Las pruebas al inicio y final de curso se aplicaron como ya se ha indicado en el capítulo metodológico.

Daremos cuenta de los resultados organizándolos en los apartados siguientes:

- Al inicio de curso:
 - + las acciones senso-motoras y los sentimientos
 - + el cerebro y los nervios
 - + ¿se pueden describir modelos mentales del SN?
- Al final de curso:
 - + las acciones senso-motoras y los sentimientos
 - + el cerebro y los nervios
 - + cambios en los modelos mentales del cerebro y los nervios
 - + el contenido del cuerpo y la actividad de los órganos internos

9.1- Las ideas de los niños al inicio del curso

9.1.1- Las acciones senso-motoras y los sentimientos

Para facilitar la visualización de los cambios ocurridos en las ideas de estos niños desde preescolar, colocamos en las redes correspondientes, entre corchetes [], detrás de cada sub-categoría de AGENTES ACCION su frecuencia en preescolar, tras el () que muestra las frecuencia en tercero. Dado que la categoría MECANISMOS se desarrolla para cada tramo de la muestra, de acuerdo con las ideas de los niños en cada edad, se reproduce en un recuadro la que correspondía a preescolar. Las categorías que se representan en **negrita** aparecen en 3º, no existían en las ideas de estos niños en preescolar

Los Sentidos

Como los 10 niños en 3º relatan sus ideas sobre los cinco sentidos, el máximo de frecuencias en cada sub-categoría de AGENTES puede ascender a 50. Esta categoría lleva recursión, porque hay niños que nombran más de un agente para un sentido. La red del Cuadro 9.1 da cuenta simultáneamente de los resultados encontrados en tercero y preescolar.

La sub-categoría PARTES CORPORALES, se desglosa para este tramo de la muestra en otras dos:

- > **ORGANOS DE LOS SENTIDOS**: todos los niños relacionan de modo directo cada acción con su órgano correspondiente. Afirman que podemos ver, oír, etc. porque tenemos ojos, oídos, etc.
- > **CEREBRO**: en 13 ocasiones se señala la necesidad de su intervención en algunos de los sentidos; lo justifican así:

"Notamos el sabor de las cosas porque tenemos el gusto en la boca y el cerebro te dice lo que es". (Nº1)

"Podemos oír música porque tenemos oídos; la música entra y se te mete en el cerebro."

"Podemos oler y ver y todo porque el cerebro hace funcionar todos los aparatos de la nariz, del yunque y el martillo, de la pupila...". (Nº24)

En muy pocas ocasiones recurren a la CUALIDAD DE LOS ESTIMULOS o argumentan con razones de tipo PSICOLOGICO para dar razón de la actividad sensorial. Cuando se utilizan estas categorías se hace de esta manera:

"Podemos notar el sabor de las cosas porque saben distinto."

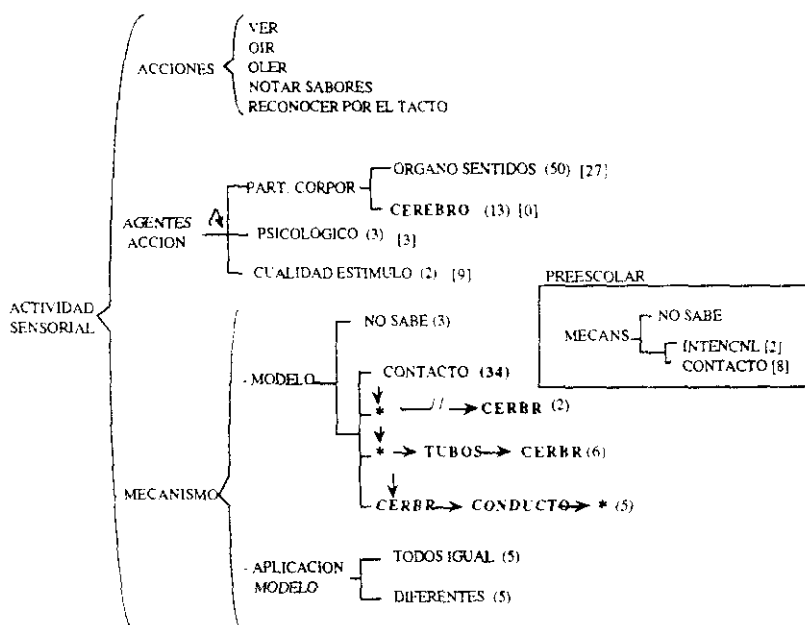
"Notamos el olor de las cosas porque huelen de manera diferente". (Nº9)

"Podemos ver porque si no tuvieramos ojos nos chocaríamos con todo."

"Podemos oír porque si no tuvieramos oídos no nos enteraríamos de nada".

(Nº9)

Cuadro 9.1- Resultados sobre la actividad sensorial (N= 10, 3º EGB) [N= 12, Preescolar]



Para dar cuenta del MECANISMO de las acciones, tal y como los niños de tercero las describen, conviene atender a dos aspectos: el **MODELO** o modelos de mecanismos que describen (la suma total de las frecuencias de esta categoría tiene que ser 5. $10=50$), y la utilización de uno o más modelos por un mismo sujeto para explicar los diferentes sentidos. A este último aspecto lo denominamos **APLICACION MODELO**; su frecuencia tiene que ser 10.

- > los **MODELOS** de mecanismos utilizados por los niños se pueden reducir a :
- > **NO SABE**, cuando dice explícitamente que no conoce cómo hace el ojo , o el oído, etc. Esta situación se dió en muy pocas ocasiones.
 - > **CONTACTO** cuando la acción sucede porque el estímulo alcanza el órgano y éste lo reconoce. Es la explicación utilizada con mayor frecuencia por estos niños, que la expresan así:
 - "La música se mete por los oídos y capta los sonidos".*
 - "Cuando haces así (sorbe) pues el olfato coge el olor y ya sabes a que huele."*
 - "La lengua tiene algo que al chupar hace que se sepa el gusto". (Nº2)*
 - " Cuando una cosa pasa por la lengua, pues ya sabes si es dulce o tal y si te gusta o no". (Nº6)*
 - "Al tocarlo la piel ya lo nota si es frío o caliente". (Nº9)*
 - "La lengua funciona chupando".*
 - "La nariz, te pones cerca y coge el olor". (Nº11)*
 - "Los ojos miran, se acercan y ven". (Nº14)*

Otros tres modelos de mecanismos reclaman la intervención del cerebro en ciertos sentidos. Los representamos del modo siguiente:

- Ψ
 $\ast \text{ --- } // \rightarrow \text{ CERBR}$
 > \ast representa un mecanismo en el que los niños explicitan que para ver, oír, notar olores, etc. "tienen que llegar al cerebro", pero no saben cómo. (el \ast representa el órgano que realiza la acción, la --> dónde se inicia dicha acción, --//--> indica que no se sabe la vía de un órgano al cerebro).
 Por ejemplo:

"Lo que ves tiene que llegar al cerebro". (Nº9)
"La música entra por los oídos y se mete en el cerebro". (Nº17)

- Ψ
 $\ast \rightarrow \text{ TUBOS } \rightarrow \text{ CERBR}$
 > $\ast \rightarrow \text{ TUBOS } \rightarrow \text{ CERBR}$ es un mecanismo como el anterior. Lo que vemos, oímos, etc., tiene que llegar al cerebro para reconocerlo, pero se explicita que llegan a través de algún tipo de tubo o vena, que conecta el órgano con el cerebro. Por ejemplo:

"El cerebro y los ojos están relacionados por venas. Son como un tubo para que vayan pasando los mensajes, y el cerebro te ayuda a pensar lo que es.
De la piel van al cerebro por las venas como hombrécitos, que transmiten los mensajes". (Nº1)

↓
 > CERBR → CONDUCTO → * es un mecanismo que se diferencia del anterior en el origen o inicio de la actividad; en este caso, es el cerebro el que inicia o posibilita el funcionamiento de los sentidos, mientras que en los mecanismos anteriores sólo recibía. Por ejemplo:

"El cerebro manda sangre por unas venas al martillo y yunque para que empiecen a funcionar".

"El corazón al palpar le manda sangre al cerebro. El cerebro manda otra sangre, por venas, a todos los sentidos para que funcionen". (Nº24)

> En la categoría APLICACION MODELO :

> TODOS IGUAL, la mitad de los niños explican todas las acciones sensoriales utilizando el mismo tipo de mecanismo

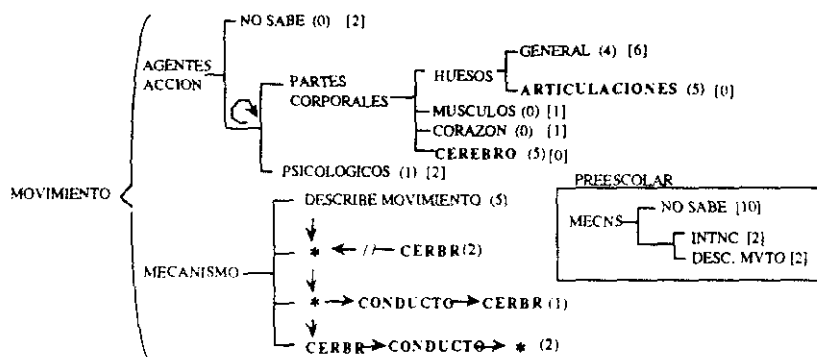
> DIFERENTES, la otra mitad genera dos tipos de mecanismos; utilizan un mecanismo para las acciones en que hacen intervenir el cerebro, y otro, que suele ser de tipo contacto, para el resto de los sentidos.

El que un mismo sujeto aplique modelos diferentes a los distintos sentidos no quiere decir que sea necesariamente inconsistente en sus ideas sobre los sentidos. Podría indicar, más bien, que estos niños no piensan en los sentidos de manera uniforme en cuanto a su funcionamiento, al modo como lo hace la ciencia.

El movimiento

La cuantificación de la red del movimiento se realiza sobre 10 frecuencias como máximo en cada categoría terminal, ya que cada niño habla del movimiento en términos generales, y en un sólo contexto concreto: dar una patada a un balón.

Cuadro 9.2- Resultados sobre el Movimiento (N=10, 3º EGB) [N= 12, Preescolar]



> En la categoría PARTES CORPORALES, los niños de tercero se refieren con mayor sistematicidad a dos elementos, que hemos agrupado en las subcategorías siguientes:

> HUESOS: la mayoría de los niños atribuyen a los huesos la realización de movimientos, pero se pueden diferenciar a su vez dos sub-categorías:

> GENERAL: se refieren a ellos sin más especificaciones:

"Nos podemos mover porque tenemos huesos". (Nº11)

"Podemos dar la patada porque tenemos huesos que nos hacen doblar la rodilla". (Nº15)

> ARTICULACIONES: cuando señalan que la causa de poder efectuar movimientos es que los huesos tienen articulaciones:

"Podemos movernos porque los huesos tienen una especie de separación". (Nº2)

"Nos movemos porque tenemos zonas articuladas. Hay zonas en el esqueleto que al encajar los huesos no se enganchan y se mueven". (Nº17)

> CEREBRO: cinco niños explicitan la necesidad de que el cerebro intervenga en el movimiento:

"El cerebro hace algo para que el cuerpo sepa que se va a mover". (Nº2)

"Podemos movernos porque tenemos cerebro para que nos mueva". (Nº6)

"El cerebro tiene que pensar para que puedas mover la pierna". (Nº7)

> Tan sólo una niña explica el movimiento en términos PSICOLÓGICOS:

"Podemos movernos porque si no pudieramos movernos nos pegaríamos a los pies y no podríamos hacer nada". (Nº9)

Las explicaciones sobre los MECANISMOS que relacionan las diferentes partes nombradas para producir un movimiento, pueden reducirse a los patrones siguientes:

> DESCRIBE MOVIMIENTO. Señalan la trayectoria de la pierna al dar la patada. La mitad de los niños se limitan a este tipo de explicación, por ejemplo:

"Para dar la patada primero doblas por la rodilla y luego estiras la pierna". (Nº1)

"Los huesos de la pierna hacen que la dobles y luego das la patada". (Nº11)

La otra mitad involucran al cerebro en el movimiento, explicándolo con tres mecanismos diferentes:

↓
> * ← CERBR, dos niños señalan que el cerebro tiene que intervenir en el movimiento, pero no saben de que manera; dicen:
"El cerebro hace que se mueva la pierna o el brazo, pero no se cómo lo hace". (Nº6)

↓
> * → TUBOS → CERBR, una niña lo explica poniendo en comunicación el cerebro, a través de la columna, con diversas partes del cuerpo:
"Hay un hilo en la columna que vá al cerebro; al moverte, sube una cosita por el hilo y el cerebro se entera". (Nº7)

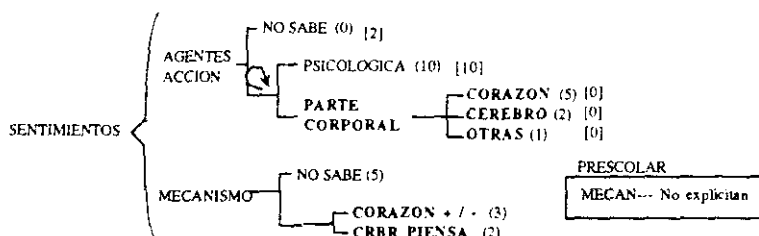
↓
> CERBR → CONDUCTO → * en este mecanismo, el cerebro es el iniciador del movimiento; lo explican así dos alumnos:
"El pensamiento dice que hay que dar la patada; el cerebro reparte la sangre que le manda el corazón, por venas, para ir a la pierna y la pierna dá la patada". (Nº24)

" Hay moléculas en el cerebro que deciden lo que pienso y van al sitio dónde quiero mover. Estas células van del cerebro a los huesos por unas carreteras que tenemos por dentro, y hacen que se mueva la pierna". (Nº17)

Los sentimientos

Para dar cuenta de los sentimientos, los niños recurren en primer lugar a referir acontecimientos externos como los agentes causantes del estado emocional, del mismo modo que lo hacían cuando estaban en preescolar. Sólo cuando se les pregunta si están relacionados con alguna parte del cuerpo buscan posibles candidatos anatómicos y explican cómo intervienen en los sentimientos. La red de los sentimientos queda configurada como indica el Cuadro 9.3.

Cuadro 9.3- Red para sentimientos (N=10, 3º EGB) [N= 12, Preescolar]



> AGENTES ACCION se subdivide en dos categorías, precedidas de una recursión, porque como acabamos de indicar los niños recurren en primer lugar a un agente psicológico y luego buscan otro anatómico.

> PSICOLOGICOS: todos los niños explican los agentes de los sentimientos en términos PSICOLOGICOS, recurriendo a situaciones que han experimentado. Por ejemplo:

" Nos podemos poner tristes porque te enfadas". (Nº7)

"Nos podemos poner tristes porque no te traen los reyes lo que quieres; y alegres porque te regalan algo.. (Nº9)

"Nos podemos poner tristes y alegres según tengas buenas o malas noticias". (Nº14)

- > **PARTES CORPORALES:** cuando los niños relacionan los estados emocionales con alguna parte corporal recurren generalmente:
 - > al **CORAZON**, que es el candidato más nombrado (5 frecuencias); por ejemplo: "sentir las cosas tiene que ver con el corazón", "el sentimiento es del corazón";
 - > al **CEREBRO**, (2 frecuencias) porque "piensas si lo que pasa es bueno o malo";
 - > a **OTRAS** partes, (1 frecuencia): "la boca por que te ries", "se nota en los ojos y en la cara".
- > Los **MECANISMOS** que explican cómo funciona el cuerpo, o la parte corporal mencionada para producir el sentimiento, son muy elementales, cuando se deciden a explicitar alguno. Las subcategorías que dan cuenta de ellos son:
 - > **NO SABE**, así lo dicen explícitamente 5 de los 10 niños;
 - > **CORAZON +/-**, los tres niños que implican el corazón recurren al mismo tipo de explicación:
 - " Si estás triste el corazón va parando, y si estás alegre late más rápido". (Nº17)
 - " El corazón se arruga cuando te pones triste y se ensancha cuando estás alegre". (Nº7)
 - "Cuando sientes algo es como si el corazón se pusiera más chiquito y palpita más flojito. ¡¡ A mí me pasa!!". (Nº1)

- > **CEREBRO PIENSA**, explica el estado de ánimo por vía cognitiva:
 - "El cerebro piensa lo que pasa y si es bueno o malo te pones alegre o triste". (Nº11)
 - "El cerebro piensa y sabes si estás alegre o triste". (Nº24)

Cambios desde preescolar

Desde preescolar a tercero, las ideas de los niños sobre la **actividad sensoriomotora** han variado en una serie de aspectos que resumimos a continuación. Los cambios se ponen de manifiesto en el análisis comparativo de las redes desarrolladas para cada edad y las frecuencias de sus categorías terminales, aspectos que hemos venido mostrando simultáneamente en las redes de los cuadros 9.1, 9.2 y 9.3 de las páginas anteriores.

- > Los AGENTES a los que atribuyen primordialmente ser la causa de las actividades senso-motoras siguen siendo PARTES CORPORALES (órganos de los sentidos, huesos) que ya nombraban en preescolar; pero al inicio de tercero comienza a aparecer -aunque con frecuencias bajas- la relación del CEREBRO con estas actividades.
- > En las explicaciones de MECANISMOS para dar cuenta de las acciones senso-motoras se dan cambios más notables:
 - Del NO SABE, que era la respuesta mayoritaria de los preescolares, pasan en tercero a explicitar diversos modos de concebir cómo suceden estas actividades.
 - Los mecanismos más invocados al inicio de curso son explicaciones sencillas: en el caso de los sentidos recurren a describir acciones elementales por las que los estímulos alcanzan el órgano correspondiente -CONTACTO-; y en la actividad motora DESCRIBEN el MOVIMIENTO con detalle. Son en realidad pseudo-mecanismos que describen aspectos externos de la actividad. Los pocos mecanismos que aparecían en preescolar eran en general de este tipo.
 - Al mismo tiempo aparecen una serie de mecanismos que describen el cómo de las actividades senso-motoras en términos de relaciones de órganos internos. Estos mecanismos los generan los niños que involucran al cerebro en dichas actividades y tratan de explicar su relación con las otras partes corporales que intervienen en dichas acciones.
- > Las explicaciones en términos PSICOLÓGICOS e INTENCIONALES son aún más escasas que en preescolar.

En cuanto a los sentimientos, apenas se dan cambios en el modo de referirse a ellos:

- > Al llegar a tercero todos los niños siguen recurriendo a explicarlos en términos PSICOLÓGICOS. Sólo si se les insiste en cuestionar su relación con alguna parte del cuerpo, recurren al corazón el 50% y al cerebro el 20%.
- > La mitad no relata nada que se pueda considerar como mecanismo, y la otra mitad recurre a descripciones de la actividad del corazón o del cerebro.

9.1.2- El cerebro y los nervios

El análisis de las ideas de los niños de tercero sobre estos elementos se llevó a cabo con una doble perspectiva, grupal e individual. Con la primera se ponen de manifiesto los tipos de ideas que conforman las concepciones infantiles como conjunto, y con la segunda se aborda la coherencia interna de las ideas personales, indagando la posibilidad de que conformen modelos mentales.

Análisis grupal. Los cambios desde preescolar

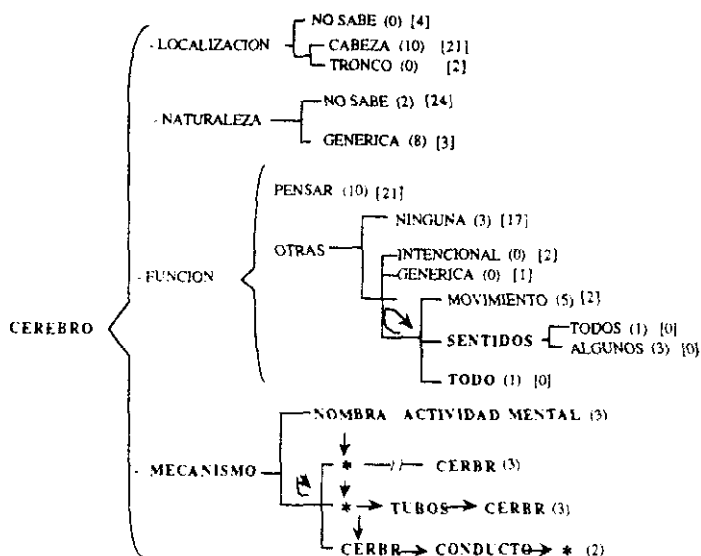
Para facilitar la lectura, expondremos por separado las redes del cerebro y nervios, que hasta ahora habíamos considerando unidas en la red SISTEMA. Como en las redes anteriores, daremos los resultados de las ideas de estos niños en [preescolar] junto a las que tienen en este comienzo de (tercero). Las categorías en **negrita** aparecen en las ideas de los niños en este momento, no existían en preescolar.

El cerebro

Cuando los niños hablan del cerebro se les anima a decir todo lo que de él saben. En sus explicaciones encontramos información sobre la NATURALEZA y aspectos del funcionamiento corporal en los que interviene, FUNCION. Además, como los niños han involucrado al cerebro en actividades senso-motoras y sentimientos, han explicitado cómo es esta intervención; este último aspecto es el que recogemos en la categoría MECANISMO. Esta categoría se construye a partir de las sub-categorías de "mecanismos" en las que interviene el cerebro, en las redes anteriores relativas a las actividades senso-motoras; es una manera de leer los mismos datos, pero esta vez desde la perspectiva del cerebro.

Los dibujos que realizaron los niños y niñas durante la entrevista nos permiten también conocer que todos los alumnos sitúan el cerebro en la cabeza. Con estos elementos se configura la red que aparece en el Cuadro 9.4. y que pasamos a exponer.

Cuadro 9.4- Las ideas sobre el cerebro al inicio de curso (N=10, 3º EGB) [N=27, preescolar]



> NATURALEZA: esta categoría se reduce en este tramo de la muestra a:

> NO SABEN de que está hecho el cerebro (2 niños); o

> nombran cosas materiales GENERICAS (8); por ejemplo:

"es de carne y hueso". (Nº1); "es de una sustancia especial" (Nº2); "es de partículas blandas" (Nº9)

> La FUNCION del cerebro en el cuerpo se expresa de modo muy simple. Todos los alumnos entrevistados señalan que el cerebro es para PENSAR, y la mayoría lo relacionan también con alguna OTRA actividad. Por esto, ambas categorías van precedidas de un signo de co-selección.

> En la categoría PENSAR se recogen las expresiones que explicitan que el cerebro:

"es para pensar", "para recordar lo que has aprendido", "para discurrir", etc.

> Entre las OTRAS funciones atribuidas al cerebro se encuentran:

> NINGUNA, si sólo se refieren a la cognitiva ya citada; sólo 3 niños se limitaron a relacionar el cerebro con capacidades cognitivas.

7 niños relacionan además el cerebro con el movimiento o los sentidos:

> MOVIMIENTO: 5 niños lo relacionan de alguna manera con el movimiento; por ejemplo:

"el cerebro hace algo para que el cuerpo sepa que se va a mover", "el cerebro es el que nos mueve";

> SENTIDOS: de los 4 niños que relacionan el cerebro con los sentidos sólo 1 lo hace en TODOS ellos: los 3 restantes sólo en ALGUNOS de los sentidos que explican; por ejemplo:

"los ojos ven, pero el cerebro te dice lo que es", "al oír el cerebro es el que lo siente", etc.; o, "Para el sabor no tiene que intervenir el cerebro"

> TODO, un niño considera al cerebro como responsable de todo el funcionamiento corporal, de modo que:

"sin cerebro todo el cuerpo se para, no se podría hacer nada" (Nº24)

> El análisis de los MECANISMOS en que los niños involucran ahora al cerebro en las actividades senso-motoras nos indica el tipo de intervención que le atribuyen. [Esta categoría no aparecía en los preescolares, por esto no se señalan frecuencias entre corchetes.] Sus explicaciones se pueden organizar en las siguientes sub-categorías:

> NOMBRA ACTIVIDAD MENTAL recoge las respuestas de los 3 niños que sólo atribuyen al cerebro la función de PENSAR; al preguntar cómo hace el cerebro para pensar, recurren a otras actividades cognitivas:

"el cerebro piensa imaginando " (Nº11)

"para pensar el cerebro.....se te inventan cosas para hacer " (Nº14)

↓
* —/— CERBR
> el cerebro interviene: bien actuando como soporte cognitivo de la acción ("el cerebro piensa qué es lo que hueles", "el cerebro piensa si lo que pasa es bueno o malo"), o explican la intervención de modo genérico ("el cerebro hace algo para que el cuerpo sepa que se vá a mover"); pero en ningún

caso establecen algún tipo de conexión o relación física entre el cerebro y el órgano que lleva a cabo la actividad. Por ejemplo:

Almno.- "Entra la música en el oído y se mete en el cerebro."

Entrv.- ¿Por dónde llega al cerebro?

Almno.- Eso no lo sé.

Entrv.- ¿Por qué se mete en el cerebro?

Almno.- Para saber lo que oyes". (Nº17)

Entrv.- ¿Por qué dices que se necesita el cerebro para movernos?

Almno.- Porque el cerebro hace algo para que el cuerpo sepa que se vá a mover, porque el cerebro es el que sabe" (Nº2)

↓
* → TUBOS → CERBR
> este mecanismo se caracteriza por la concepción de un tipo de conexión física del cerebro con una parte corporal; el conducto intermediario se necesita para que la información llegue al cerebro, pero la acción es llevada a cabo por el órgano correspondiente de modo autónomo.

Almna.- " Los ojos y el cerebro se relacionan por venas, que son como tubos para que vayan pasando los mensajes"

Entrv.- ¿Por qué tienen que llegar los mensajes al cerebro?

Almna.- Porque si ves y no sabes lo que es, te ayuda a pensar lo que es". (Nº1)

Lo que parece subyacer en los niños que utilizan ambos tipos de mecanismos es que el cerebro actúa como soporte cognitivo de los actos senso-motores, sin que se le adjudique otro tipo de intervención en ellos.

↓
> CERBR → CONDUCTO → * en este mecanismo, el cerebro es siempre el iniciador de la actividad, sea esta sensorial o motora: "el cerebro manda sangre por unas venas a ..(los sentidos, la pierna) para que empiecen a funcionar"

Los dos niños que utilizan este tercer tipo de mecanismo, parecen añadir algo más que el mero soporte cognitivo a la intervención el cerebro: el cerebro "ordena" o posibilita que se lleva a cabo la acción, para lo cual conceptualizan, no sólo unas conexiones o conductos, sino un elemento que actúa de transmisor. Lo expresan así:

Almno.- " Hay moléculas en el cerebro que deciden lo que pienso y van al sitio donde quiero mover.

Entrv.- Ajá. ¿Me explicarías eso en el caso de la patada al balón?

Almno.- Las células van del cerebro a los huesos de la pierna, por dentro, por unas como carreteras, y hacen que la pierna se mueva". (Nº17)

Almno.-El corazón al palpar le manda sangre el cerebro para que funcione. El cerebro le manda otra sangre a los sentidos para que funcionen.

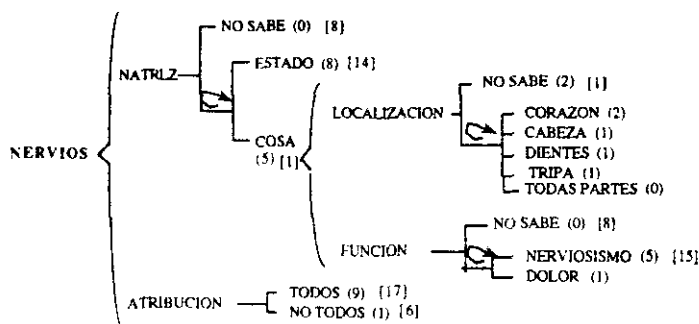
Entrv.- ¡Muy interesante! Oye, ¿por dónde va esa sangre que manda el cerebro a los sentidos?

Almno.- Por venas. El pensamiento te dice que quieres dar la patada. El cerebro reparte sangre por todas las venas para ir a la pierna, al llegar a la rodilla, al tobillo, al muslo.... dá la patada ". (Nº24)

Los nervios

El modo en que los niños en tercero hablan de los nervios se puede expresar con las categorías de la red 9.5.

Cuadro 9.5- Los nervios al inicio de tercero (N=10, 3º EGB) [N=27, preescolar]



La primera distinción establecida hace referencia a la NATURALEZA que ahora le atribuyen a los nervios los niños.

- > Los niños se refieren a los nervios como un ESTADO emocional; o
- > como una COSA con entidad material, localizable en el cuerpo;

Esta distinción es necesaria debido a que hay expresiones que se refieren a los nervios como algo no material, algo que no podríamos encontrar en el cuerpo; son más bien un estado de ánimo, como señalaban a la edad de preescolar. Por ejemplo: "los nervios es una cosa que sientes, no es una parte"; "los nervios suenan a revoltoso. No los podríamos encontrar en el cuerpo, no se pueden ver", "los nervios no se pueden ver; son invisibles".

En otras frases se presentan los nervios como componentes con entidad material que se pueden localizar en ciertas partes del cuerpo. Por ejemplo: "los nervios del cuerpo están donde el corazón", "son unas cosas redonditas que están en la cabeza y en la tripa".

En este último caso, la categoría COSA se puede abordar desde dos aspectos simultáneamente:

- > LOCALIZACION de estos elementos corporales, y
- > FUNCION que le atribuyen.

En cada una de estas últimas se pueden a su vez considerar distinciones más finas que corresponden a diversos comentarios que realizan los alumnos y a los dibujos que realizan.

Una última categoría que perfila la concepción de los nervios que tienen estos niños es la que hemos denominado

> ATRIBUCION; pone de manifiesto si creen que los nervios es algo que tienen todas las personas o sólo algunas.

Los resultados en términos de cuantificación de las categorías de la red ponen de manifiesto las tendencias siguientes.

> En cuanto a la NATURALEZA:

> Las 8 frecuencias de ESTADO corresponden, por un lado a 5 niños que hablan de los nervios en los términos siguientes:

"Los nervios me suenan a revoltoso" (Nº6)

"Los nervios son como una cosa que no sabes qué hacer" (Nº7)

Por otro, a tres niños que diferencian entre los nervios como estado, y "los nervios del cuerpo", a los que les atribuyen entidad material; lo expresan así:

"Los nervios me suenan a estar nerviosa y a los nervios del cuerpo" (Nº1)

"Los nervios de estar nervioso son de pensar, y los de la carne son como hilitos" (Nº17)

> Las 5 frecuencias de COSA las generan los tres niños señalados en la categoría anterior, más otros dos que se refieren siempre a ellos como algo que hay en el cuerpo, con entidad material:

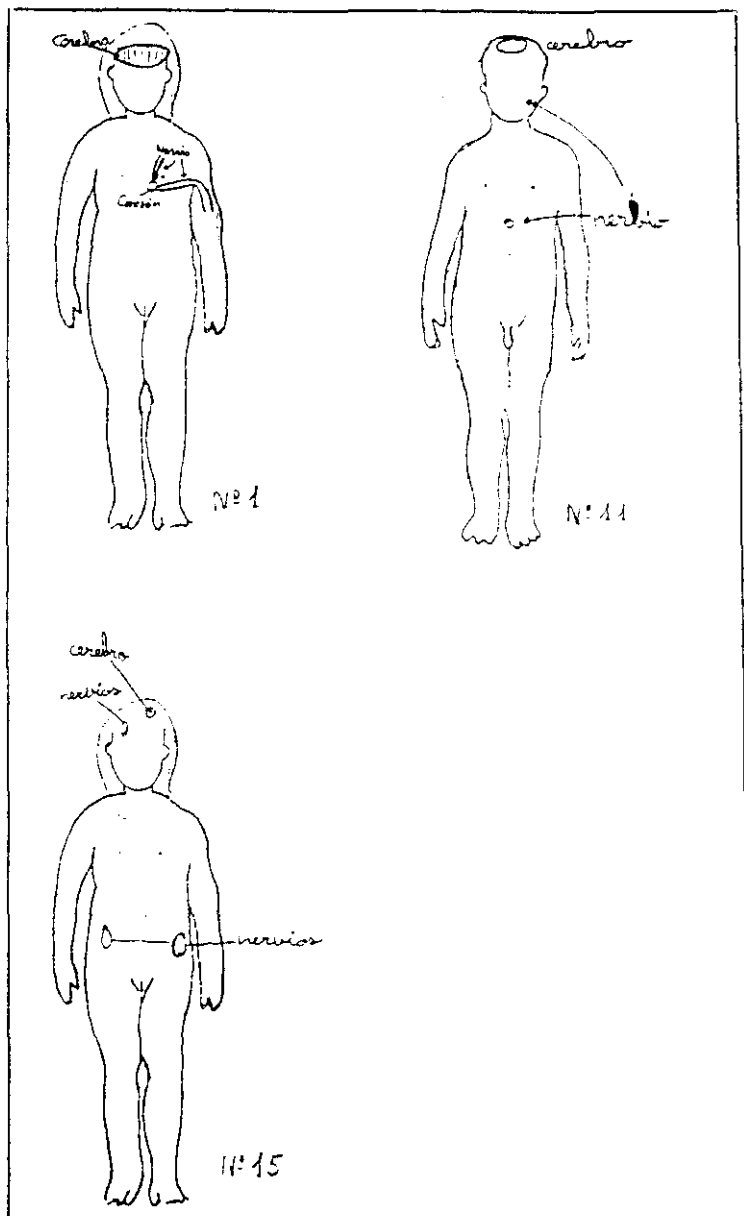
"Los nervios son unas cosas redonditas y blanditas que están en la cabeza" (Nº15)

> Los cinco niños que consideran los nervios como COSA, no están muy seguros de su LOCALIZACION; no obstante, al insistir en ella algunos los localizaron en la cabeza o en el corazón, pero se resisten a dibujarlos (Figura 9.1); un niño contestó a esta cuestión señalando que:

"los nervios son las esquinas de la carne" (Nº17)

en lo que parece una clara alusión a su experiencia con la comida.

Figura 9.1- Localización de los nervios al comienzo de 3° de EGB



> A los nervios COSA les atribuyen las FUNCIONES siguientes:

> Provocar el estado de NERVIOSISMO:

"Cuando estás nerviosa los nervios te tiemblan" (Nº1)

" Los nervios son para ponerte nervioso" (Nº11, 17)

> Tan sólo un niño relacionó, además, los nervios con el DOLOR, a partir de una experiencia que relató:

Almn - "Los nervios son para estar nervioso y para el dolor".

Entrv - Explícame eso del dolor.

Almn - "Si te quitan el nervio ya no tienes dolor. Mi papá fué un día al dentista para que le quitaran el nervio porque le dolía una muela. (Nº11)

Cambios desde preescolar

Al llegar a tercero, los preescolares de la muestra han variado sus ideas sobre el cerebro y los nervios en los aspectos siguientes.

--> Todos, sin excepción, localizan el cerebro en la cabeza, y el 80% le atribuye una naturaleza MATERIAL GENERICA (es de carne), frente al 89% que en preescolar decían no saber de qué estaba hecho.

--> Todos le atribuyen en primer lugar una función cognitiva, PENSAR, y además el 70% lo relaciona con otras actividades corporales: el MOVIMIENTO (50%) y los SENTIDOS (40%). Un 10% dice que el cerebro está relacionado con "todo lo del cuerpo".

--> En este momento, el 70% de los niños entrevistados son capaces de describir algún tipo de MECANISMO por el que el cerebro interviene en la actividad corporal, situación que no se daba cuando eran preescolares. De estos, un 50% han conceptualizado conexiones físicas mediante "tubos", que algunos identifican como "venas", entre el cerebro y otros órganos internos.

- El 75% de los mecanismos descritos reducen la función del cerebro a la de simple soporte cognitivo de las acciones senso-motras.

- El 25% parece considerar que el cerebro, además de ser soporte cognitivo, es el que posibilita dichas acciones.

--> Los nervios siguen siendo considerados por el 50% de los niños como un ESTADO emocional, sin entidad material, frente al 85% que en preescolar daba esta respuesta o no sabía qué eran los nervios.

Cuando les atribuyen entidad física, son una COSA, no están seguros de dónde se localizan en el cuerpo y los refieren a partes diversas (corazón, cabeza, tripa).

--> La función de los nervios, cuando se los considera como entidades materiales, es siempre el provocar un estado emocional caracterizado por "ponerte nervioso".

--> No han establecido, en ningún caso, relación del cerebro con los nervios; siguen considerándolos como entidades independientes.

9.1.3- ¿Tienen los niños de 3ª de EGB modelos mentales sobre el SN?

Al comenzar 3ª de EGB, este grupo de niños no ha conceptualizado ningún tipo de relación entre el cerebro y los nervios. Cuando se les pregunta expresamente si existe esta relación contestan que nó, o los relacionan por vía cognitiva, "a lo mejor si piensas algo te pones nervioso".

Estos dos elementos, aún en los casos en que se adjudica a los nervios entidad material, son independientes, y cada uno tiene un cometido determinado. Sigue por tanto ausente de las concepciones de estos niños la categoría "sistema nervioso", como cerebro y nervios relacionados entre sí para un cometido determinado. No existen, como consecuencia, modelos mentales sobre el "sistema nervioso".

Cabe sin embargo preguntarse si las ideas de estos niños sobre cada uno de estos componentes constituyen ahora modelos mentales.

¿Podemos hablar de modelos mentales del cerebro?

Los 10 niños entrevistados reconocen el cerebro como un órgano situado en la cabeza. Todos le atribuyen la función de pensar, y 7 lo relacionan de modo

explícito, como hemos visto en las redes, con otras actividades corporales. Podemos describir la representación del cerebro de estos escolares utilizando los elementos que se esbozaban en los modelos mentales que poseían en preescolar. Tenemos pues unas representaciones del cerebro caracterizadas del modo siguiente.

• En relación a la *topología* encontramos dos tipos:

- I- Seis niños representan un sólo elemento, el cerebro; es una forma redondeada o globular, sin diferenciaciones, situada en la parte superior de la cabeza.
- II- Cuatro niños, al explicar cómo actúa el cerebro -que representan como en el caso anterior- señalan además la existencia de "tubos o conductos" conectados al cerebro, que inicialmente no han dibujado.

• La *función* que atribuyen a la estructura anterior, como hemos visto en la red correspondiente al cerebro, es también diversa entre los niños:

- A- 3 niños, cuya representación topológica corresponde al tipo I, le atribuyen el único cometido de "pensar"; su paradigma para la función del cerebro es:

CEREBRO (FUNCION (PENSAR))

- B- los 7 restantes (todos los de topología tipo II y 3 de topología I) corresponden al paradigma:

CEREBRO (FUNCION (PENSAR) (OTRAS))

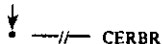
atribuyen al cerebro, además de pensar, alguna de las siguientes funciones: ser soporte cognitivo de la actividad sensorial, el movimiento, o estar relacionado con "todo" lo que ocurre en el cuerpo. Estas funciones son expresadas en términos muy globales.

- Las redes han puesto también de manifiesto que cada niño es ahora capaz de dar alguna explicación relativa a los *mecanismos de ejecución* del cerebro; esto es, de decir cómo hace el cerebro para realizar las actividades en que lo involucran.

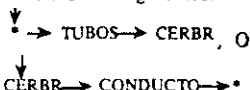
Estos mecanismos están relacionados con la topología del sistema que cada escolar tiene, de modo que:

- los 6 corresponden a la topología I aluden a un mecanismo de tipo mental, que no saben explicitar. El paradigma de cada uno de ellos para MECANISMO en la red del Cuadro 9.4 es alguno de los dos siguientes:

NOMBRA ACTIVIDAD MENTAL; o



- los de la topología II invocan una transmisión de información por conductos, que tampoco especifican con detalle. Su paradigma de MECANISMO corresponde a alguno de los dos siguientes:



Los elementos configuradores de modelos mentales, que se esbozaban en preescolar, parecen en este momento más perfilados.

La *coherencia interna* de las ideas de cada niño entre la topología y el mecanismo de ejecución es muy patente, lo mismo ocurre para la mayoría en relación al elemento función; todos los que tienen la topología-mecanismo II tienen el paradigma de funciones B, y la mitad de los de topología-mecanismo I se corresponden con la función A, pero quedan tres niños en situación más ambigua. Nos pareció que era conveniente profundizar más en la clarificación del sentido atribuido a las funciones del cerebro por cada niño, y ver su relación con la topología-mecanismo.

Además, hay que poner de manifiesto la *consistencia de cada sujeto* en el uso que hace de los elementos anteriores, en un contexto diferente de los analizados; en otras palabras, hay que comprobar si la representación del cerebro que posee cada sujeto, le permite explicar su comportamiento en situaciones nuevas.

Para todo ello, al terminar la entrevista con cada alumno se le planteaba esta situación: ¿Qué cosas no podríamos hacer si nos tuvieran que operar y nos quitaran el cerebro?. A partir de aquí se indagaban específicamente, entre otras varias, las acciones senso-motoras en las que cada sujeto había hecho intervenir el cerebro. Si las representaciones de cada niño sobre el cerebro son consistentes, sus respuestas a la pregunta tienen que referirse, tanto a la capacidad de pensar, como a las actividades en las que involucró dicho órgano durante la entrevista, quedando el resto de actividades corporales inalteradas. Por otro lado, estas respuestas nos proporcionan una nueva versión de las funciones atribuidas por cada niño al cerebro.

La Tabla 9.1 expone las respuestas de los 10 niños y niñas. La primera columna de las tablas resume las ideas de cada niño sobre la intervención del cerebro en la actividad corporal tal y como las expresó durante la entrevista; la segunda columna resume sus respuestas a la pregunta final.

Tabla 9.1- Consistencia individual en las ideas sobre el cerebro (N=10)

ALUMNO		
1	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro INTERVIENE en: <ul style="list-style-type: none"> - pensar - sentidos, menos oír • Cerebro y ciertos sentidos relacionados por venas 	-> Sin cerebro NO podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - pensar ni resolver problemas - saber lo que ves, hueles, comes o tocas -> SI podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - oír - moverte - respirar ...
2	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro INTERVIENE en: <ul style="list-style-type: none"> - pensar - movimiento • Cerebro "hace algo" para poder movernos. 	-> Sin cerebro NO podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - pensar, saber que te vas a mover -> SI podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - lo demás podrías todo pero menos, porque el cerebro es el que sabe.
6	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro INTERVIENE en: <ul style="list-style-type: none"> - pensar - movimiento • No sabe cómo interviene el cerebro en el movimiento 	-> Sin cerebro NO podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - ni movernos, ni andar, porque el cerebro es como el motor, como si manejara todo el movimiento del cuerpo. -> SI podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - ver, oír, oler, ... - respirar ...
7	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro INTERVIENE en: <ul style="list-style-type: none"> - pensar - movimiento • Cerebro comunicado por un conducto para conocer los movimientos realizados. 	-> Sin cerebro NO podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - no sabrías lo que haces porque no piensas -> SI podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - ver, oír, ... - respirar - movernos
9	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro INTERVIENE en: <ul style="list-style-type: none"> - pensar - ver y oír • No sabe como llega al cerebro lo que se ve y oye 	-> Sin cerebro NO podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - no sabrías lo que ves ni lo que oyes -> SI podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - oler, saber lo que tocas y comes - movernos - respirar ...
11	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro INTERVIENE en: <ul style="list-style-type: none"> - pensar 	-> Sin cerebro NO podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - hacer las cosas bien, porque no puedes pensar, imaginar ...
14		-> SI podríamos: <ul style="list-style-type: none"> - ver, oír, ... - movernos ...

(continúa)

Tabla 9.1- (continuación)

15	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro INTERVIENE en: - pensar 	-> Sin cerebro NO podríamos: - pensar, ni te darías cuenta de nada -> Si podríamos: - haríamos todo pero sin pensar, no te darías cuenta
17	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro INTERVIENE en: - pensar - ver y oír - movimiento • Lo que se ve y oye llega al cerebro por unos "órganos" Desarrolla un mecanismo complejo para el control del movimiento, con moléculas que se trasladan desde el cerebro 	-> Sin cerebro NO podríamos: - ver ni oír - no nos podríamos mover -> Si podríamos: - no sé, estarías casi como muerto
24	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro INTERVIENE en: - pensar - todos los sentidos - movimiento • Desarrolla un mecanismo complejo para la intervención del cerebro en los sentidos y el movimiento, a través de las venas. 	-> Sin cerebro NO podríamos: - no haríamos nada, todo el cuerpo se pararía

Como puede apreciarse, existe, en primer lugar, una clara consistencia en las ideas expresadas por cada niño sobre las funciones del cerebro en los dos contextos planteados. Pero, ¿qué nos aportan estas nuevas ideas en relación a cómo conceptualizan las funciones del cerebro?

Si analizamos las respuestas de los niños, lo que parece subyacer en muchas de ellas, más que una coincidencia en los actos senso-motores concretos en los que involucran al cerebro, es la naturaleza de la intervención (la denominaremos función general). El cerebro actúa como soporte cognitivo de las actividades corporales. Es el caso de los niños N°1, 2, 7, 9, 11, 14 y 15.

En el caso de los N° 6, 17 y 24, por el contrario, el cerebro tiene una relación más mecanicista con las actividades en las que interviene; de alguna manera parece producirlas o controlarlas, además de actuar como órgano cognitivo.

En el primer grupo se pueden diferenciar dos subgrupos relativos al *mecanismo de ejecución* utilizado por el cerebro para intervenir sobre otras partes corporales:

- los números 1 y 7 postulan la existencia de tubos que funcionan como vías por las que el cerebro ejerce su función mental en relación a los sentidos o al movimiento;
- el resto no sabe cómo puede relacionarse el cerebro con los sentidos o las partes que se mueven.

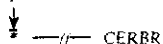
En el segundo grupo aparecen los *mecanismos de ejecución* siguientes:

- el número 6 no sabe explicar cómo interviene el cerebro en el movimiento;
- los alumnos nº 17 y 24 han desarrollado un mecanismo más complejo en el que intervienen, además del cerebro, otros componentes materiales que actúan, unos como vías de comunicación (venas, órganos), y otros como portadores de las órdenes cerebrales (sangre, moléculas)

Los datos anteriores sobre la función general, mecanismos de ejecución, y topología que cada niño expresa, nos permiten considerar en esta muestra la existencia de tres modelos mentales sobre el cerebro, que tipificamos del modo siguiente:

- Modelo cognitivo, que comparten los niños Nº 2, 9, 11, 14, y 15. Se caracteriza por considerar:

- a) El cerebro es el único *constituyente topológico* del modelo (no tenemos en cuenta, en las representaciones sobre el cerebro, los órganos o partes corporales sobre los que incide su función en último término).
- b) En cuanto a la *función general*, el cerebro es para pensar, y si lo involucran en actividades senso-motoras, es únicamente como soporte mental de dichas actividades.
- c) El *mecanismo de ejecución* que estos niños explicitan es:



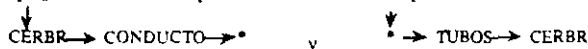
Siempre, el órgano corporal tiene la iniciativa y realiza la acción, y de alguna manera que los niños no saben describir, el cerebro sabe, conoce, etc. La ausencia de cerebro sólo produce una pérdida del soporte cognitivo de las actividades en que interviene.

- Modelo mecanicista, que muestran claramente los N° 17 y 24.

a) En este modelo funcional del cerebro que describen los niños, los *constituyentes topológicos* han aumentado, conformándose en un "sistema" elemental en el que el cerebro es el constituyente central, y los otros (conductos y elementos circulantes) son constituyentes pasivos, que actúan como transmisores.

b) En cuanto a la *función general*, el cerebro, además de pensar, interviene en actividades senso-motoras, pero lo hace de manera que implica cierto control o manejo de la actividad. El cerebro en este caso no es sólo el soporte cognitivo.

c) Los *mecanismos* por los que el cerebro interviene en dichas actividades son más complejos; los hemos representado en las redes por:



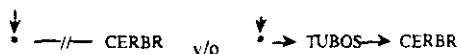
El cerebro desencadena siempre las actividades motoras (primer mecanismo), y se habla de un elemento (sangre, células), que circula por unos caminos (conductos, tubos) para ir desde el cerebro al lugar del movimiento. Las actividades sensoriales pueden ser explicadas por el mismo mecanismo que el movimiento, o se señala sólo que lo que se ve, oye, etc. llega al cerebro por unos tubos o conductos (segundo mecanismo). La pérdida del cerebro supone siempre la no posibilidad de realizar las actividades en las que interviene, no sólo ignorancia de esas acciones.

- *Modelo mixto*, que se da en los niños N° 1 y 7. Los elementos de este modelo combinan características de los dos anteriores.

b) El cerebro parece intervenir únicamente como soporte mental, aún en el caso del movimiento.

a) Sin embargo, en algunos casos señalan la necesidad de que exista una vía, una comunicación material entre el cerebro y ciertas partes del cuerpo en cuya actividad interviene.

c) Los mecanismos que utilizan para explicar las acciones senso-motoras pueden ser:



El cerebro siempre "recibe información" de la actividad corporal, "piensa o conoce", pero no causa la actividad: sin embargo en ausencia del cerebro se

debaten entre suprimir únicamente el soporte cognitivo o la capacidad de realizar la actividad.

Tabla 9.2.- Modelos mentales del cerebro al inicio de 3º de EGB (N=10)

MODELOS MENTALES DEL CEREBRO	ANTES DE LA INSTRUCCION
<p>COGNITIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> > Cerebro actúa únicamente como soporte cognitivo de las actividades en las que interviene. > No han conceptualizado conexiones físicas entre el cerebro y otras partes del cuerpo. > El mecanismo por el que actúa el cerebro es "pensar", y lo representamos: <div style="text-align: center;"> \downarrow $(* \dots // \dots \text{CREBR})$ </div> 	<p>ALUMNOS Nº</p> <p>2, 9, 11, 14 y 15</p>
<p>MECANICISTA</p> <ul style="list-style-type: none"> > El cerebro actúa como causa que inicia las actividades motoras en las que interviene. Pueden considerarlo del mismo modo en todo tipo de actividades. > Conceptualizan siempre conexiones físicas del cerebro con las partes del cuerpo en cuya actividad interviene (tubos, venas). > Los mecanismos en los que interviene el cerebro suponen: <ul style="list-style-type: none"> en el caso de actividades motoras, el cerebro ordena la acción por medio de algo que se desplaza por unos conductos, lo representamos por: <div style="text-align: center;"> \downarrow $(\text{CRBR} \rightarrow \text{CNDCT} \rightarrow *)$ </div> las actividades sensoriales pueden responder al mecanismo anterior o al representado por: <div style="text-align: center;"> \downarrow $(* \rightarrow \text{CNDTO} \rightarrow \text{CRBR})$ </div> 	<p>17 y 24</p>
<p>MIXTO</p> <ul style="list-style-type: none"> > El cerebro parece ser considerado primariamente como soporte cognitivo de las actividades en las que interviene. No obstante, en algunas ocasiones parecen referirse a él como iniciador de la actividad. > El mismo niño puede referirse a conexiones físicas con el cerebro para ciertas acciones, y no nombrarlas en otras. > Pueden referirse a cualquiera de los dos mecanismos siguientes: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> \downarrow $\dots // \dots \text{CRBR}$ </div> <div style="text-align: center;"> \downarrow $\dots \rightarrow \text{CNDCT} \dots \rightarrow \text{CRBR}$ </div> </div> 	<p>1, 6 y 7</p>

Nos queda un niño, el Nº 6. Parece más cercano al modelo mecanicista, porque afirma que el cerebro es como un motor que produce el movimiento: sin cerebro no hay movimiento; pero no ha conceptualizado un mecanismo claro, ni conexiones físicas entre partes del cuerpo que se mueven y el cerebro. Lo consideramos de momento como un caso de modelo Mixto. La Tabla 9.2 muestra los modelos mentales descritos y los alumnos que los poseen.

¿Podemos hablar de modelos mentales de los nervios?

Como ha puesto de manifiesto el análisis grupal, sólo 5 niños atribuyen a los nervios entidad material, los sitúan en diversas partes del cuerpo, y les atribuyen la función de "ponerte nervioso". Los otros 5 los consideran como un estado emocional. Por tanto, sólo la mitad de los niños tienen alguna vaga representación mental de algo material en el interior del cuerpo que designan como nervios. Sin embargo, no podemos dar cuenta de la *topología* que les atribuyen, porque la mayoría de estos niños se resisten a dibujar los nervios, lo que parece responder a la no posesión de una representación clara de cómo son y dónde están. De hecho, varios niños señalan que nunca los han visto, cosa que no dicen del cerebro (que tampoco "han visto").

En los comentarios de los niños que reconocen entidad material a los nervios, no aparecen indicios de *mecanismos* (cómo hacen) para provocar el estado emocional que le atribuyen. exceptuando una niña (N^o1) que explica, "*cuando estás nerviosa los nervios te tiemblan*".

Como la función atribuida a los nervios, por los que los consideran con entidad material, coincide con la naturaleza de los que dicen que los nervios son una cosa que te pasa, y además, algunos de los niños diferencian entre los nervios "del cuerpo" y "los otros", decidimos añadir una pregunta al final de la entrevista para perfilar más sus ideas. La pregunta fué la siguiente: Si un cirujano buscara en el cuerpo los nervios, ¿dónde los tendría que buscar?

Si les concede entidad material deben indicar alguna parte del cuerpo. Si no se les atribuye dicha entidad deben explicitar que no es posible la localización. Las respuestas de los niños, sintetizadas en la Tabla 9.3, ponen de manifiesto dos representaciones sobre los nervios:

- Nervios psicológicos, que comparten los niños N^o 6, 7, 9, 14 y 24. Los nervios se identifican con la sensación de nerviosismo o inquietud; no tienen entidad material, ni se pueden por tanto localizar en el cuerpo.
- Nervios materiales, que comparten los niños N^o 1, 2, 15, y 17. Los nervios tienen entidad material, son localizables en el cuerpo, y se relacionan con el estado de nerviosismo. Esta es la primera representación que aparece en los niños que

pueda considerarse embrionaria de un modelo mental sobre los nervios, como componentes orgánicos materiales.

Queda sin clarificar el niño N° 11; parece pensar en los nervios como un estado, sin embargo, el relato de su experiencia de que a su padre le quitaron el dolor de muelas al quitarle el nervio, hace que no veamos clara su posición, ya que no sabe dónde encontraríamos los nervios en el cuerpo.

Tabla 9.3.- Las ideas de cada niño sobre los nervios (N° 10)

	Los NERVIOS son:	Los ENCONTRARIAMOS:
1	- Estar nerviosa y - los nervios del cuerpo	-> SI, donde las venas, por el corazón y luego son como tubos que van a los brazos.
2	- Estar nerviosa y - los del cuerpo	-> SI, por muchos sitios, como una cosa blanca
6	- Como ser revoltoso	-> NO, no se pueden ver
7	- Estar nerviosa	-> NO, no son una cosa
9	- Cuando te pones nerviosa	-> NO, son invisibles
11	- estar nervioso y el dolor	-> SI, no se dónde (si te quitan el nervio ya no te duelen las muelas)
14	- Estar nervioso	-> NO, no es una parte, es una cosa que sientes
15	- Una cosa blanda	-> SI, en la cabeza y en la tripa
17	- Estar nervioso y - los hilos de la carne	-> SI, estan en las esquinas de la carne, en el corazón
24	- Estar intranquilo	-> NO, son invisibles, son de sentir

Cambios en los modelos mentales desde preescolar

Las representaciones sobre el cerebro parecen haberse consolidado en torno a los tres componentes que se esbozaban en preescolar:

- una topología determinada, que sigue siendo la misma que en preescolar para unos niños, y para otros se ha complicado con unos tubos relacionados con el cerebro;
- a estas topologías se les atribuyen unas funciones globales, pero más amplias que las adjudicadas cuando eran preescolares;
- aparecen unos modos más o menos complejos de funcionamiento del cerebro (mecanismo de ejecución) en situaciones específicas, que no existían en preescolar.

Aparecen indicios de un primer esbozo de "sistema": es decir, varios elementos con unas características determinadas, conexiados entre sí, aunque sea de modo vago, para realizar una función global en el cuerpo.

Todas estas representaciones del cerebro sí parecen poseer ahora las características de los modelos mentales, que permiten a los niños explicar nuevas situaciones en relación al mismo. Hemos podido describir la existencia de, al menos, dos modelos mentales definidos y un tercero, menos nítido, que hemos denominado mixto.

En cuanto a *los nervios*, la mitad de los niños siguen con la misma representación que cuando eran preescolares: ser estados psicológicos; la otra mitad tienen un modelo mental muy primitivo.

9.2- Las ideas de los niños después de la instrucción

La primera instrucción formal sobre el cuerpo humano que reciben estos niños se refiere al Aparato Locomotor y a Los Sentidos.

Del Locomotor se les presentan los huesos y los músculos principales y se los relaciona con el movimiento y el soporte del cuerpo. En los materiales utilizados por los alumnos no se hace referencia en este momento al control nervioso de los movimientos.

De los Sentidos se les plantean preferentemente los aspectos morfológicos de cada uno de ellos. En este tema sí aparecen referencias al cerebro y a los nervios, del modo siguiente: los alumnos disponen, como material básico de consulta, de copias del capítulo sobre los sentidos de tres libros de texto diferentes:

- en el primero no se nombran los nervios en el relato escrito, pero al final aparece un dibujo en que hay dibujados nervios desde los órganos de los sentidos al cerebro;
- en el segundo aparece, en texto y figuras, que:
 - un nervio comunica el ojo con el cerebro,
 - un nervio comunica el oído con el cerebro,
 - un nervio comunica las fosas nasales con el cerebro,
 - un nervio comunica la lengua con el cerebro;
- en el tercero no hay ninguna referencia que relacione los sentidos con los nervios ni con el cerebro.

Teniendo en cuenta estas precisiones, nos preguntamos qué cambios se podían haber producido en las ideas de los alumnos tras el estudio de estos aspectos del cuerpo humano 1º) en la manera de explicar los actos sensitivos y motores; y 2º) en sus ideas sobre el cerebro y los nervios.

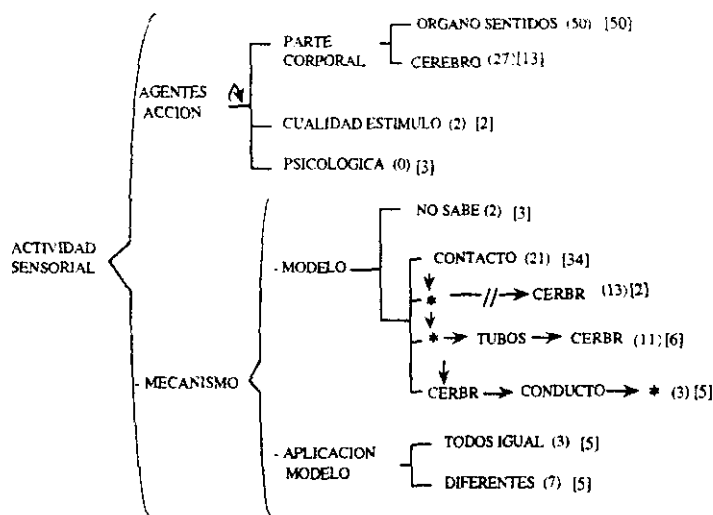
En los apartados siguientes se da cuenta de dichos cambios.

9.2.1- Las acciones corporales

El análisis de las entrevistas realizadas varios meses después del trabajo sobre los temas del cuerpo humano, nos reveló que se podían utilizar las mismas redes que se construyeron para antes de la instrucción. Esto es, no aparacían categorías nuevas, ni desaparecían categorías existentes, de modo que exigieran una elaboración de redes nuevas para dar cuenta de las ideas que ahora expresaban los niños. Los cambios detectados se refieren a modificaciones en las frecuencias de las categorías pre-instrucción.

Para facilitar la percepción de dichos cambios, se reproducen de nuevo las mismas redes señalando, entre (paréntesis) las frecuencias actuales en cada categoría terminal, y entre [corchetes] las frecuencias que se obtuvieron antes de la instrucción.

Cuadro 9.6- Explicaciones sobre los sentidos {N=10 pre} y {N=10 post} instrucción



Como se deduce de la red del Cuadro 9.6, en las explicaciones de los niños sobre los sentidos:

- En cuanto a los agentes de dichas actividades:
 - Siguen considerando los órganos de los sentidos como los agentes primarios de sus actividades correspondientes;
 - Se duplica el número de frecuencias que consideran la intervención del cerebro en dichas acciones.
- Consecuentemente con el dato anterior, varían las frecuencias de los diferentes mecanismos que explican dichas acciones:
 - Disminuyen las explicaciones de los sentidos por simple contacto;
 - Aumentan considerablemente las frecuencias en los mecanismos que implican al cerebro, siendo el que más acumula el que señala una intervención del mismo como soporte cognitivo, sin que necesiten establecer ningún tipo de conexión entre el cerebro y los órganos de los sentidos. Este tipo de mecanismo lo siguen explicando como indican los ejemplos siguientes:

"Vemos con los ojos, pero sin cerebro no sabríamos lo que vemos, porque el cerebro piensa lo que és." (Nº2)

"El oído capta el sonido y de alguna manera llegará al cerebro, y sabes lo que oyes". (Nº2)

"Los ojos ven, los oídos oyen, la nariz huele, la lengua nota los sabores, pero es el cerebro el que te dice lo que es". (Nº7)

"Cuando oímos, lo que nos dicen se te mete por el hueco de la oreja y luego el cerebro te aclara lo que oyes". (Nº7)
- En 11 casos se señala una conexión física con el cerebro, categoría que aumenta considerablemente tras la instrucción, y se sigue señalando su intervención como soporte cognitivo. Por ejemplo:

"Lo que ves va al cerebro por una especie de tubos y el cerebro examina las cosas y sabes lo que es". (Nº1)

Almno.- "los ojos transmiten al cerebro lo que ven"

Entry.- ¿Cómo crees que se lo transmiten?

Almno.- "Los ojos se comunican con el cerebro por una especie de venillas que están cruzadas, se tuercen; tú lo ves aquí, pero es como si se torciera". (Nº17)

En el último alumno citado se adivina una alusión al quiasma óptico; algo que posiblemente el niño ha visto en algún dibujo y le ha llamado la atención.

- Finalmente, el mismo niño que al comienzo del curso consideraba el cerebro como iniciador de los actos sensoriales, lo sigue haciendo ahora pero sólo lo aplica a tres de los sentidos:

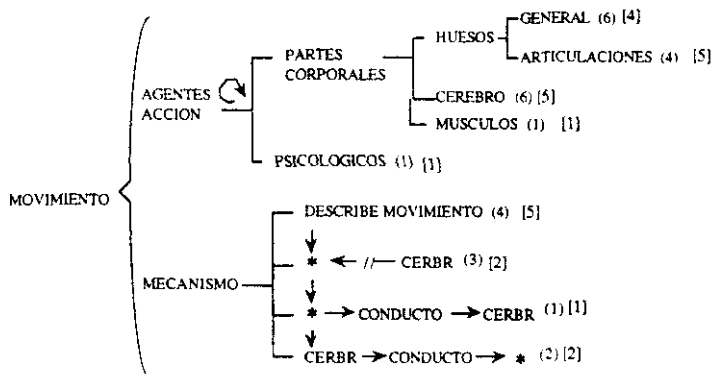
"El cerebro manda sangre por venas a los ojos, a los oídos y la nariz, para poder ver, oír y oler.

En el gusto no interviene el cerebro; es la lengua que tiene unas partículas con unos sabores.

Tampoco interviene en el tacto; es la piel que tiene otras partículas y puedes notar las cosas". (Nº24)

En el caso del **movimiento**, Cuadro 9.7, las variaciones en relación a la pre-instrucción son mínimas.

Cuadro 9.7- Explicaciones sobre el movimiento [N=10 pre] y (N=10 post) instrucción

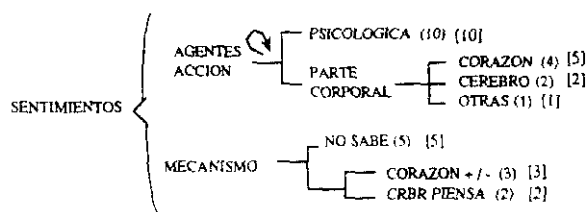


El único aspecto que llama la atención es que, junto a la persistencia en atribuir el movimiento a los huesos, tan sólo un niño hace referencia en este momento a los músculos, después de haber estudiado estos elementos.

La misma estabilidad de ideas aparece en relación a los **sentimientos**. Los niños recurren mayoritariamente a explicaciones de tipo psicológico, basadas en su experiencia personal. Sólo cuando se les insiste en buscar relaciones entre los

estados emocionales y el funcionamiento del cuerpo, recurren principalmente al corazón.

Cuadro 9.8- Explicaciones sobre los sentimientos (N=10, pre) y (N=10, post) instrucción



9.2.2- El cerebro y los nervios

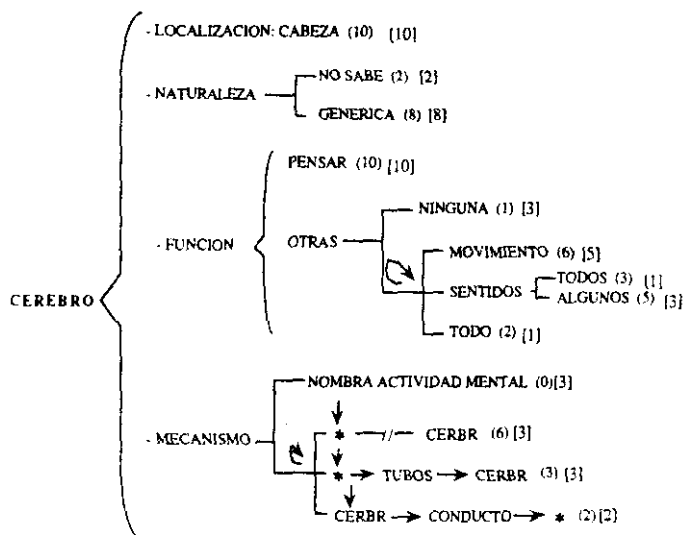
Tendencias en la muestra

Las variaciones en los componentes del SN pueden verse en los Cuadros 9.9 y 9.10.

En relación al **cerebro**, las variaciones producidas se refieren, como cabía esperar, a un mayor reconocimiento de su intervención en los sentidos.

- De los 10 niños, 8 relacionan ahora el cerebro con los sentidos, aunque sólo 3 lo hacen intervenir en todos los sentidos.
- De los **mecanismos** por los que actúa el cerebro:
 - El más común es el que lo considera como soporte cognitivo, por vía puramente mental, sin conexión física entre dicho órgano y los sentidos.

Cuadro 9.9- Explicaciones sobre el cerebro (N=10, final de curso) [N=10, principio de curso]



- 3 niños explicitan una conexión para que el cerebro pueda actuar como soporte cognitivo, bien de sentidos o de movimiento. Una lo explica así:

Almn.- " Para mover la pierna, tu empiezas a moverla y sube la información al cerebro.

Entr.- ¿Sube?, ¿cómo sube?

Almn.- Por la columna, por dentro hay un tubito y por ahí pasa la información al cerebro, la que viene de todo el cuerpo.

Entr.- ¡ Cuanto sabes!

Almn.- Es que me lo contó mi hermana". (Nº7)

Una niña de estos 3 alumnos, expone además espontáneamente sus ideas de cómo el cerebro hace para pensar, del modo siguiente:

" Almn.- "El cerebro tiene una parte de cada cosa. Cuando piensas, empieza a dar vueltas hasta que llega a la parte que tú necesitas. Cuando logras que llegue, entonces ya puedes hacerlo

Entr.- ¿Puedes explicarme un poco más eso de que tiene que llegar? ¿Dónde tiene que llegar?

Almn.- "Tiene que llegar a la parte de adelante, dónde tu puedas verla". (Nº1)

Cabe preguntarse si esta niña no habra escuchado más de una vez, ante algo que no acaba de resolver o entender, "tú dale vueltas en la cabeza y verás como lo sacas".

Los 2 niños que habían desarrollado un mecanismo más complejo, de carácter mecanicista, antes de la instrucción, implicando conductos y un vehículo para la transmisión (sangre o células), lo siguen utilizando ahora:

"Hay muchas carreteras desde el cerebro a todas las articulaciones. Cuando quieres mover algo y lo piensas, las células van rapidísimo, a la velocidad de la luz, al sitio dónde quieres mover". (Nº17)

"El cerebro manda por venas sangre a los sentidos o a dónde quieras mover y puedes hacerlo". (Nº24)

Las ideas sobre los nervios permanecen prácticamente inalteradas tras la instrucción (Cuadro 9.10).

- Los nervios son, para el 50%, un estado emocional sin referente material y, para la otra mitad, elementos materiales relacionados con un estado emocional.
- Los que los consideran elementos corporales los sitúan en diferentes partes del cuerpo, como aparecen por ejemplo en los dibujos de la Figura 9.2.
- En ningún caso se identificaron los nervios con los "tubos" que unen los ojos u otros sentidos al cerebro.

Cuadro 9.10- Explicaciones sobre los nervios (N=10, final de curso) [N=10, principio de curso]

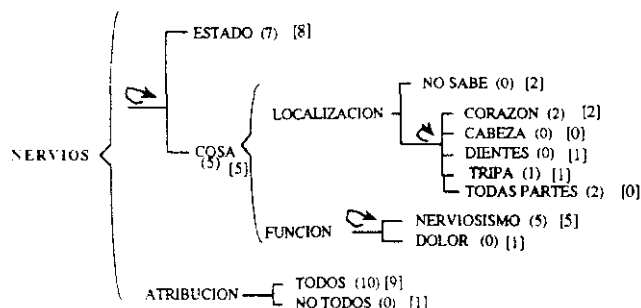
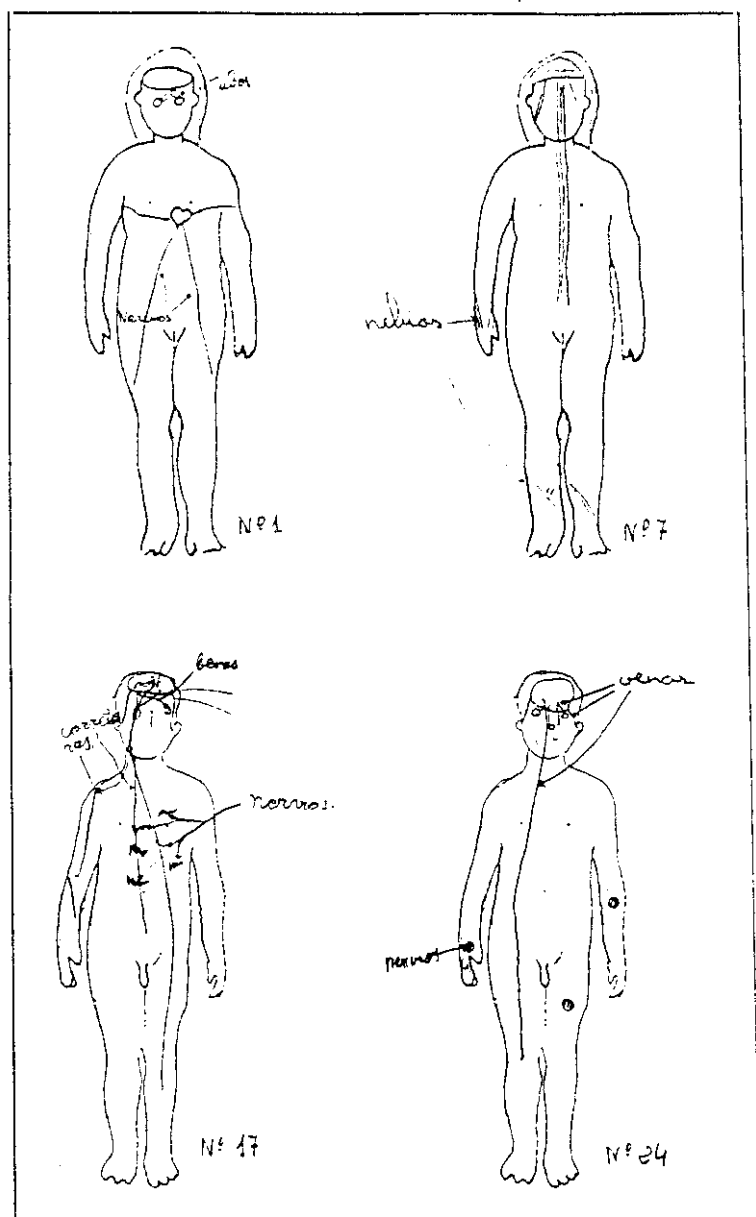


Figura 9.2- "Nervios" y "conductos" tras la instrucción (3: E68)



9.2.3- Cambios en los modelos mentales del cerebro y los nervios

Analizadas las tendencias que se dan en la muestra tras la instrucción, nos preguntamos si los cambios en las ideas de los niños habrían producido variaciones en los modelos mentales que tenían sobre el cerebro y los nervios.

Cambios en los modelos mentales sobre el cerebro

Las variaciones encontradas a niveles individuales, en relación a las ideas sobre el cerebro, consisten esencialmente en un aumento del reconocimiento de su participación en las actividades de los sentidos. Si se colocan en una tabla las categorías y sub-categorías de FUNCION y MECANISMOS de la red del cerebro, y se sitúa el paradigma generado por cada alumno antes y después de la instrucción, podemos representar de modo gráfico los cambios en las ideas de cada niño (Tabla 9.4).

Las variaciones en las ideas de cada niño, ¿suponen un cambio en su modelo mental sobre el cerebro? Analizamos las nuevas representaciones desde los elementos que antes de la instrucción conformaban los modelos mentales, esto es:

- a) unos *componentes topológicos*,
- b) a los que se atribuye, en principio, una *función general* expresada en términos globales, y
- c) los *mecanismos de ejecución* que caracterizan dicha intervención.

No se detectaron variaciones en los modelos que mantenían los alumnos. De hecho, no hay nuevas categorías en las redes que puedan dar lugar a otros modelos.

Tabla 9.4- Paradigmas de los alumnos sobre el cerebro al comienzo y final de curso

EL CEREBRO		Nº ALMN									
		1	2	6	7	9	11	14	15	17	24
PRE-INSTR	FUNCION:	PENSAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		SENTDS	X				X			X	X*
		MVTO		X	X	X				X	X
		TODO									X
	MECANISMOS:	↓ CERBR		X	X		X				
		↓ TUBOS → CERBR	X			X				X	
		↓ CERBR → CONDT → *								X	X
	FUNCION:	PENSAR	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		SENTDS	X*	X	X	X*	X	X		X*	X
		MVTO		X	X	X	X			X	X
		TODO								X	X
POST-INSTR	MECANISMOS:	↓ CERBR	X	X	X		X	X	X		
		↓ TUBOS → CERBR	X			X				X	
		↓ CERBR → CONDT → *								X	X

El * indica la intervención del cerebro en TODOS los sentidos.

No obstante, al aumentar las funciones generales atribuidas al cerebro, quisimos comprobar si los tipos de actividades, o funciones más específicas, en que interviene el cerebro son ahora un elemento que configura también el modelo mental. Para ello se les planteó, en la última parte de la entrevista, el responder si el cerebro intervenía o no en una gama amplia de actividades corporales. Cada actividad venía representada en una tarjeta (12 en total); unas actividades eran casos concretos de actos senso-motores y cognitivos, y otras no correspondían a este rango. Además de señalar si creían que el cerebro tenía que intervenir, o no, para que se llevara a cabo dicha actividad, se les pedía que explicaran brevemente su respuesta.

Si cada modelo mental se puede caracterizar por postular la intervención o no intervención del cerebro en unos tipos determinados de actividades (por ejemplo sentidos, movimientos voluntarios, movimientos mecánicos, etc.) diferentes de los otros modelos, el "tipo de actividades" sería un componente estructural del mismo (matizaría de alguna manera la función más global atribuida al cerebro), y habría que desentrañar el/los criterios por los que los niños establecen dichos "tipos". Si esto no ocurre, podríamos considerar que estos modelos mentales se organizan más bien en torno a los componentes ya señalados, y que las actividades específicas en que se involucra al cerebro son consecuencia de los modelos, por tanto tienen que ser coherentes con él, aunque no lo determinen.

Para buscar cuál de las dos posibilidades parecía más cercana a los datos, se tabularon las respuestas de los 10 niños a las 12 tarjetas, situando en la misma tabla la referencia a los modelos mentales, como aparece en la Tabla 9.5.

Los datos de la tabla parecen poner de manifiesto que la intervención del cerebro en determinados tipos de actividades no va ligada a modelos mentales concretos (la aparente tendencia de no implicar al cerebro en los sentidos en el Modelo Cognitivo se contrarresta con los datos de la Tabla 9.4 en la que se vé que los niños 9 y 14 han relacionado el cerebro con otros sentidos). Tanto en el modelo mecanicista como en el cognitivo, los tipos de actividades relacionados y no relacionados con el cerebro son, en términos generales, los mismos. Esto implica el considerar el modelo mental del cerebro determinado por la topología atribuida al sistema, los mecanismos de ejecución que rigen su actividad y la función general que se le adjudica, y no por los tipos de actividades específicas en que lo implican.

No obstante, el modelo de cada niño sobre el cerebro tiene que ser consistente con las actividades en que lo implican. Esta consistencia se refiere a dos aspectos:

- a) Consistencia entre la función general atribuida al cerebro y las acciones específicas en que lo involucran. La consistencia se analiza desde los supuestos del pensamiento del niño, no desde los de la ciencia; no obstante, como la referencia del entrevistador es la segunda tiene que indagar durante la entrevista cuales son los presupuestos del alumno que pueden aportar consistencia a sus ideas.

Tabla 9.5- Modelos mentales y tipos de actividades en que interviene el cerebro

MODELOS MENTALES	MOD. MECNC		MOD. COGNITIVO				MOD. MIXTO			
Nº ALMN	17	24	9	11	14	15	1	2	6	7
ACTIVD										
ALEGRIA	x	-	x	x	x	x	x	x	-	x
OIR	x	x	-	-	x	-	x	x	x	x
OLER	x	x	-	-	-	-	x	x	-	x
ANDAR	x	x	-	x	x	-	x	x	x	x
COGER UN VASO	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x
LEER	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ESCRIBIR	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
PARPADEAR	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x
ESTORNUDAR	-	-	-	-	-	-	-	?	-	x
RESPIRAR	-	x	-	x	-	-	x	?	-	x
LATIDO CORZN.	-	-	-	-	?	-	x	?	-	?
DIGEST. ESTOMG.	-	-	-	-	-	-	x	?	-	x

Por ejemplo, tomemos el caso de un niño que diga que el cerebro interviene en el movimiento, y señale más adelante que el cerebro no interviene en unos movimientos concretos, como por ejemplo el movimiento del corazón, o los movimientos respiratorios "porque eso depende del corazón y no del cerebro", o, "eso es de los pulmones". Lo que parece guiar su respuesta no es falta de consistencia, sino una concepción de que el control de diferentes movimientos lo llevan a cabo órganos diferentes, y no una concepción unitaria para el control de todo movimiento corporal. Lo que parece ocurrir es que los niños aplican ciertas "restricciones" al criterio inicial que designaba la función del cerebro, en este caso al movimiento.

- b) El segundo aspecto de consistencia que hay que comprobar es la aplicación del mismo mecanismo de ejecución en las acciones que el niño considera similares.

Veamos algunos ejemplos de esta consistencia. Para ello tomaremos los datos de los niños representados en las Tablas 4 y 5, y transcribimos sus comentarios personales.

ALUMNO Nº 11 (Modelo cognitivo)

El cerebro interviene en (Tabla 9.4):

- pensar y
- el movimiento: *"primero lo piensas con el cerebro y mueves la pierna, entonces se mueven el hueso y el músculo"*. (mecanismo \downarrow —//— CERBR).

Sin cerebro no podríamos:

- ni pensar, ni jugar, ni saber quién eres.

La implicación/no implicación del cerebro en distintas actividades (Tabla 9.5) las explica :

- alegría (x): *"porque el cerebro piensa cómo estás "*
- oír y oler (-): *"ahí no hace nada el cerebro "*
- andar (x): *" para saber por dónde tienes que andar "*
- coger un vaso (x): *" para saber lo que tenemos que coger "*
- leer, escribir (x): *" para saber las letras "*
- parpadear (x): *"para no quedarte ahí quieto"*
- estornudar (-): *"ahí no hace nada"*
- movts. respiratorios (x): *" porque si no a lo mejor respiras un gas que no es el aire y te puedes morir "*
- latido (-): *"eso es del corazón "*
- digestión estómago (-): *" eso es al comer, el cerebro no tiene que hacer nada "*.

ALUMNO Nº15 (Modelo cognitivo)

El cerebro interviene en:

- pensar
- ver y oír : *"vemos con los ojos y con el cerebro sabes lo que es", "cuando nos hablan se nos mete por el agujero y oímos y el cerebro nos aclara lo que oímos"*
 \downarrow
 (Mecanismo \downarrow —//— CERBR).

Sin cerebro no podríamos:

- pensar ni saber lo que vemos y lo que oímos

La implicación del cerebro en diversas actividades las explica:

- alegría (x): *"sí porque lo piensas"*
- oír (x): *"sí, para saber lo que te dicen"*
- oler (-): *"no, es con la nariz"*
- andar, coger un vaso (x): *"para pensar cómo tienes que hacerlo"*
- leer (x): *"aclara las cosas que podemos leer"*
- escribir (x): *"pensar cómo se escribe"*
- parpadear (x): *"aclara lo que ves; ves la luz y sabes que te molesta"*
- estornudar (-): *"eso es cuando nos hace cosquillas la boca"*
- respirar (-): *"cogemos aire por la nariz, el cerebro no tiene que intervenir"*
- latido (?): *"eso no lo sé"*
- digestión estomg. (-): *"en el estómago habrá algo para hacer la digestión y el cerebro no interviene"*

ALUMNO Nº 24 (Modelo mecanicista)

El cerebro interviene en:

- pensar
- ver, oír y oler: *"el cerebro manda sangre por unas venas y nos permite oír", "el cerebro manda al oído por otras venas que van al tímpano y podemos oír", "el cerebro manda por unas venas a la nariz y olemos"*

↓
(mecanismo CÉRBR → CONDUCTO → *)

- movimiento del cuerpo: *"el cerebro manda sangre por venas a la pierna y esta se mueve"* (mecanismo CÉRBR → CONDUCTO → *)

Sin cerebro no podríamos:

- nada, todo el cuerpo se pararía.

La intervención del cerebro en diversas actividades las explica:

- alegría (-): *"no manda nada"*
- oír, oler (x): *"ya lo he dicho antes, el cerebro manda sangre por las venas para permitirnos oír y oler"*
- andar, coger un vaso (x): *"también te lo he dicho, eso es mover y el cerebro manda la sangre por venas para que se mueva el cuerpo"*
- leer (x): *"ves con los ojos y necesitas el cerebro"*
- escribir (x): *"mueves la mano y necesitas el cerebro"*

- parpadear (x): *"lo necesitas para cerrar el ojo "*
- estornudar (-): *"no manda el cerebro venas para eso "*
- respirar (x): *"le manda el cerebro por una vena a la nariz que respire "*
- latido (-): *"manda el corazón la sangre al cerebro y no al revés "*
- digest. estómg. (-): *"no aquí no tiene que mandar nada "*

En este caso, el "movimiento del cuerpo" parece restringirse: no considera el movimiento de órganos internos como "movimiento del cuerpo", el estornudar no lo asocia al movimiento.

ALUMNO N°7 (Modelo de transición)

El cerebro interviene en:

- pensar
- todos los sentidos: *"los ojos ven y el cerebro te dice lo que es" , "al chupar sabes lo que es y el cerebro te lo dice", etc. "por la columna hay un tubito que va hasta el cerebro y por ahí va toda la información al cerebro de todo lo del cuerpo "*
 (mecanismo $\downarrow \rightarrow \text{TUBOS} \rightarrow \text{CERBR}$).
- movimiento: *"te empiezas a mover y sube la información al cerebro por ese tubito de la columna "* (mecanismo $\downarrow \rightarrow \text{TUBOS} \rightarrow \text{CERBR}$)

Sin cerebro no podríamos:

- nada, o casi nada, no sé, te quedarías como quieta .

Las actividades en que interviene el cerebro se justifican:

- alegría (x): *"para saber "*
- oler y oír (x): *"para saber lo que es "*
- andar (x): *"sin cerebro no sabrías y te chocarías. Luego sube la información por el tubito al cerebro "*
- coger un vaso (x): *"tienes que pensar lo que estás cogiendo "*
- leer y escribir (x): *"para saber las letras "*
- parpadear y estornudar (x): *"yo creo que el cerebro tiene que intervenir en todo, si no no sabrías nada ni pensarías lo que estás haciendo "*
- respirar (x): *"sin cerebro no respirarías "*
- latido (?): *"puede ser que sí o que no. Como son dos órganos muy importantes a lo mejor no se relacionan "*
- digestión (x): *"sin cerebro no podrías hacer nada "*

La lectura de estos cuatro ejemplos es suficientemente clara mostrando que:

1º) aunque niños con modelos diferentes relacionen el cerebro con las mismas actividades concretas, las razones que dan son de naturaleza distinta, condicionadas precisamente por el modelo topológico y el mecanismo de ejecución que poseen;

2º) cada niño aplica consistentemente el modelo de función global que atribuyó inicialmente al cerebro, pero en algunos casos, se perciben ciertas "restricciones" que pueden deberse al modo en que categoriza las actividades frente al criterio de la función global atribuida;

3º) Cada niño es consistente aplicando el mecanismo de ejecución que describió para el cerebro en la primera parte de la entrevista, a otros casos que considera de la misma naturaleza.

* * * * *

Todo lo analizado hasta este momento sobre los modelos mentales del cerebro tras la instrucción nos permite señalar:

- se mantienen los tres elementos constituyentes de los modelos mentales descritos al inicio de curso;
- los "tipos de actividades" específicas en que involucran al cerebro no son elemento constituyente del modelo mental, sino consecuencia del mismo;
- los modelos mentales sobre el cerebro que existen en esta muestra de niños no varían del inicio al final de curso; tampoco varía el modelo inicial de cada alumno, excepto en un caso (Nº 2) que pasa del modelo cognitivo al mixto.

La Tabla 9.6 indica los modelos y los niños que los poseen.

Tabla 9.6- Modelos mentales sobre el cerebro al comienzo y final de 3º de EGB (N=10)

MODELOS MENTALES DEL CEREBRO	AL COMIENZO DE 3º DE EGB	AL FINAL DE 3º DE EGB
COGNITIVO <ul style="list-style-type: none"> > Cerebro actúa únicamente como soporte cognitivo de las actividades en las que interviene. > No han conceptualizado conexiones físicas entre el cerebro y otras partes del cuerpo. > El mecanismo por el que actúa el cerebro es "pensar", y lo representamos: <div style="text-align: center;">↓ (*...ff... CRBR)</div> 	2, 9, 11, 14 y 15	9, 11, 14 y 15
MECANICISTA <ul style="list-style-type: none"> > El cerebro actúa como causa que inicia las actividades motoras en las que interviene. Pueden considerarlo del mismo modo en todo tipo de actividades. > Conceptualizan siempre conexiones físicas del cerebro con las partes del cuerpo en cuya actividad interviene (tubos, venas). > Los mecanismos en los que interviene el cerebro suponen: <ul style="list-style-type: none"> en el caso de actividades motoras, el cerebro ordena la acción por medio de algo que se desplaza por unos conductos; lo representamos por: <div style="text-align: center;">↓ (CRBR → CNDCT → *)</div> las actividades sensoriales pueden responder al mecanismo anterior o al representado por: <div style="text-align: center;">↓ (* → CNDTO → CRBR)</div> 	17 y 24	17 y 24
MIXTO <ul style="list-style-type: none"> > El cerebro parece ser considerado primariamente como soporte cognitivo de las actividades en las que interviene. No obstante, en algunas ocasiones parecen referirse a él como iniciador de la actividad. > El mismo niño puede referirse a conexiones físicas con el cerebro para ciertas acciones, y no nombrarlas en otras. > Pueden referirse a cualquiera de los dos mecanismos siguientes: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">↓*...ff... CRBR</div> <div style="text-align: center;">↓...→CNDCT→CRBR</div> </div> 	1, 6 y 7	1, 2, 6 y 7

Cambios en las ideas sobre los nervios

Las ideas de los niños sobre los nervios no experimentan variaciones en el conjunto de la muestra, sin embargo algunos de los niños varían su patrón sobre estos elementos. Dos niños que consideraban los nervios con entidad material, señalan al final de curso que son un estado emocional, y con otros dos ocurre el cambio inverso.

La Tabla 9.7 muestra las variaciones que se dan a nivel individual en las ideas de estos 10 niños sobre los nervios. La mayoría de estos alumnos relacionan los nervios con un estado emocional, y la mitad les atribuyen entidad física y una localización concreta en el cuerpo, como mostraban los ejemplos de la Figura 9.1. La otra mitad afirma que los nervios no son una "cosa" del cuerpo, por tanto no se podrían encontrar.

Tabla 9.7- Cambios en las ideas sobre los nervios durante 3º EGB (N=10)

POST-ESTADO PRE-ESTADO	LOS NERVIOS	Nº ALUMNOS									
		1	2	6	7	9	11	14	15	17	24
	ESTADO	X	X	X	X	X	X	X		X	X
	COSA	X	X				X		X	X	
	ESTADO	X	X	X		X	X	X		X	X
	COSA	X			X				X	X	X

La Tabla 9.8 muestra la relación entre los modelos mentales sobre el cerebro y las ideas sobre "los nervios" de estos niños. Conviene recordar, que los nervios no se identifican nunca con los conductos o tubos relacionados con el cerebro que refieren los modelos Mecanicista y Mixto.

Tabla 9.8- Modelos mentales del cerebro y representación de los nervios

M MENTAL DEL CEREBRO	MODELO DE NERVIOS
COGNITIVO: 4	ESTADO: 3 COSA: 1
MECANICISTA: 2	COSA: 2
MIXTO: 4	ESTADO/COSA: 1 COSA: 1 ESTADO: 2

9.2.4 - Las ideas de los niños sobre otros sistemas corporales

Aunque el tema central de nuestro estudio es el desarrollo de las ideas sobre el SN, nos interesaba conocer estas ideas en el contexto de los conocimientos de los niños sobre el resto de los sistemas corporales. Este apartado narra el estado

de estos conocimientos en los niños de 3º de EGB al final del curso escolar, para compararlos con sus ideas sobre el SN.

El contenido del cuerpo

Durante los últimos días del curso se pidió a los 36 alumnos del curso de 3º que dibujaran todo lo que conocían del interior del cuerpo en una silueta que se les entregó. Debían poner nombre a cada cosa que dibujaran. Los resultados de esta prueba son los que se narran a continuación.

Los 36 alumnos de 3º de EGB nombran un total de 41 ítems diferentes en el interior del cuerpo, 21 de los cuales corresponden a huesos diversos. Esta situación se justifica si recordamos que uno de los temas que los niños han estudiado es el aparato locomotor; sin embargo, llama la atención el que no aparezca ni un sólo músculo con su nombre propio. Si consideramos como un sólo ítem todos los huesos que cada niño dibuja, el total de ítems diferentes que aparecen en los dibujos es de 21: esto proporciona una idea más exacta de cuantas cosas diferentes dibujan.

De los dibujos que realizan los niños de tercero sobre el contenido del cuerpo al final de curso, algunos de los cuales aparecen en las Figuras 9.3 y 9.4, llama la atención:

- La representación de los órganos del tronco (pulmones, estómago, corazón, etc.) como formas redondeadas inconexas. Sólo cuando se les pregunta cómo llega la comida al estómago, o el aire a los pulmones, dibujan, en algunos casos, tubos para conectarlos al exterior. Incluso los órganos pares no están conectados entre sí.
- Diferencian bien los órganos pares de los que no lo son: en ningún caso duplican un órgano indebidamente.
- Los tamaños atribuidos a los órganos suelen ser menores de lo que les corresponde.
- Sitúan los órganos desplazados de su lugar correcto.

En las Tablas 9.6 y 9.7 aparecen los diferentes items que los niños dibujan y el promedio por niño. Se indican también los datos de preescolar para su comparación.

Tabla 9.6- N° de items diferentes por alumno de 3º, considerando 41 items

N = 36		Edad 8.6 a 9.5 años	
Número de items dibujados		Número de alumnos	
De 3 a 4	6		
" 5 a 6	10	Media 8	
" 7 a 8	2	Rango 3-16	
" 9 a 10	8		
" 11 a 12	5		
" 13 a 14	2		
" 15 a 16	3		

PREESCOLAR
 Media 3.8
 Rango 1-10

Tabla 9.7- Los 21 items dibujados en 3º y sus frecuencias. (N=36). Comparación de % de estos items con preescolar

Item	Frecuen.	%	% Presc	Item	Frecuen.	%	% Presc
HUESOS	36	100	74	TUBOS (nariz-pulmón)	3	8	--
CEREBRO	35	97	78	VULVA	3	8	--
MUSCULOS	32	89	5.7	DIENTES	2	5.5	--
CORAZON	29	80.5	85	INTESTINO	2	5.5	--
VENAS	14	39	15	HIGADO	2	5.5	--
PULMONES	14	39	7	VISTA	2	5.5	--
TUBOS (boca-tripa)	13	36	30	RIÑONES	1	3.7	--
ESTOMAGO/TRIPA	10	28	7	OIDOS	1	3.7	--
SANGRE	6	17	15	NUEZ	1	3.7	--
NERVIOS	5	14	--	TENDONES	1	3.7	--
				VAGINA	1	3.7	--

(En *cursiva* elementos que fueron dibujados en el transcurso de la entrevista)

De los datos anteriores conviene destacar los aspectos siguientes:

- En general, más del 50% de los items que cada niño de tercero dibuja son huesos. Todos los niños dibujan huesos; a unos les dan sus nombres específicos y otros los dibujan y los rotulan como "hueso" (Figuras 9.3 y 9.4).

- **Huesos, cerebro, músculos y corazón** son los ítems que aparecen con mayores frecuencias en la muestra; los dibujan más del 80% de los niños.
- Las **venas y los pulmones**, siguen en frecuencias a los órganos anteriores, con una representación en el 39% de la muestra.
- La sangre sólo aparece en 6 dibujos, pero los 10 niños entrevistados hablan de ella en relación a las venas o al corazón.
- El *estómago/tripa*, y los *tubos* que comunican este con la boca, así como los *tubos que comunican los pulmones con la nariz*, no fueron dibujados espontáneamente por ningún niño. Los dibujaron los niños entrevistados al pedirles que recordaran más cosas del interior del cuerpo, y preguntarles si sabían a dónde/por dónde iba la comida una vez que entra en el cuerpo. Esta situación se daba también en el caso de preescolar.
- Los *nervios* tampoco fueron representados de modo espontáneo; las frecuencias corresponden a los niños que en la entrevista les atribuyeron entidad material y los dibujaron.

Los cambios más significativos en las ideas de estos niños sobre el contenido del cuerpo desde preescolar son:

- > Se duplica la media de ítems que cada niño dibuja en tercero, en relación a preescolar.
- > Aparecen los músculos en el 89% de los dibujos, que en preescolar apenas se nombraron (3.7%). La influencia de la instrucción parece clara en este caso.
- > Las venas, los pulmones y el estómago /tripa aumentan considerablemente su presencia en los dibujos de los niños de tercero.

En la Figura 9.4 pueden verse los dibujos sobre el interior del cuerpo realizados por un niño y una niña cuando eran preescolares y cuando finalizaban tercero de EGB.

Figura 9.3- El contenido del interior del cuerpo (3º EGB)

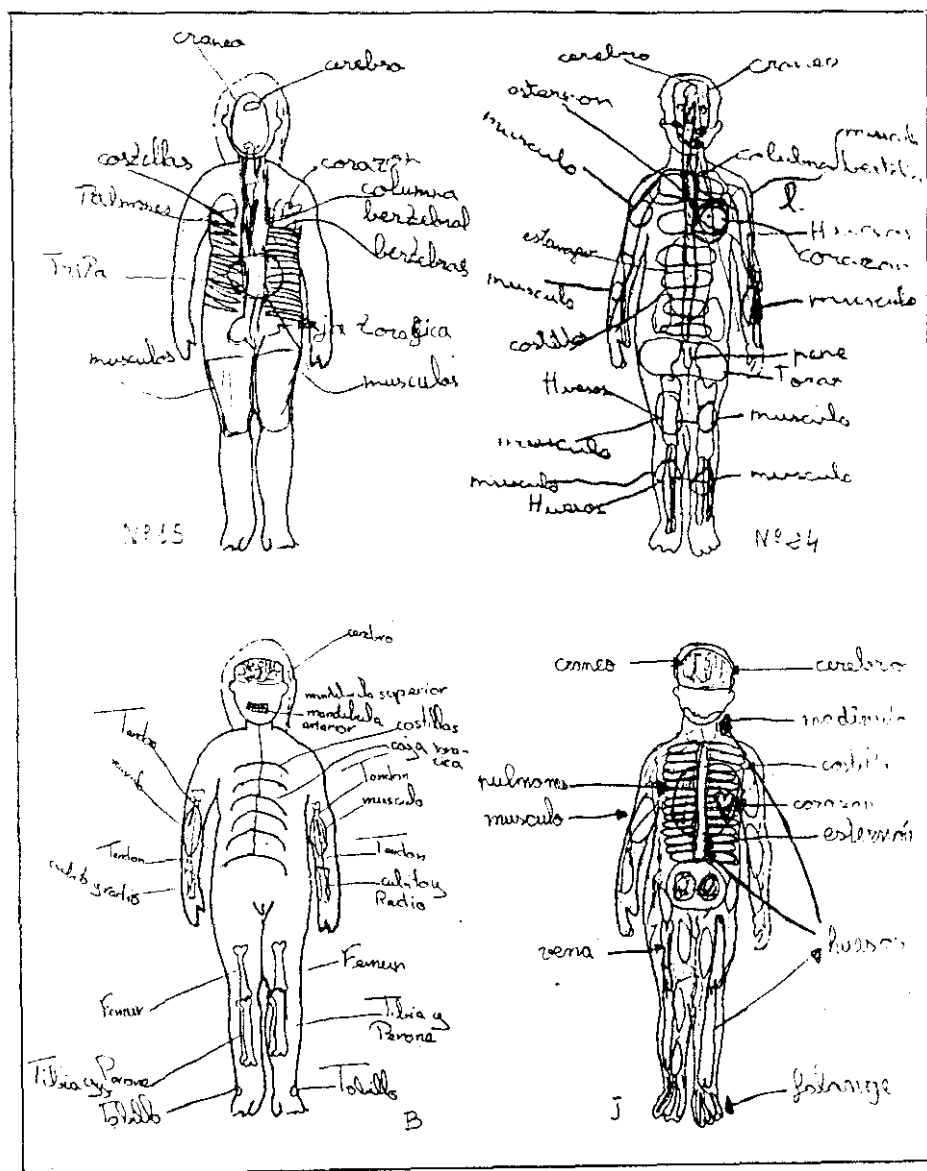
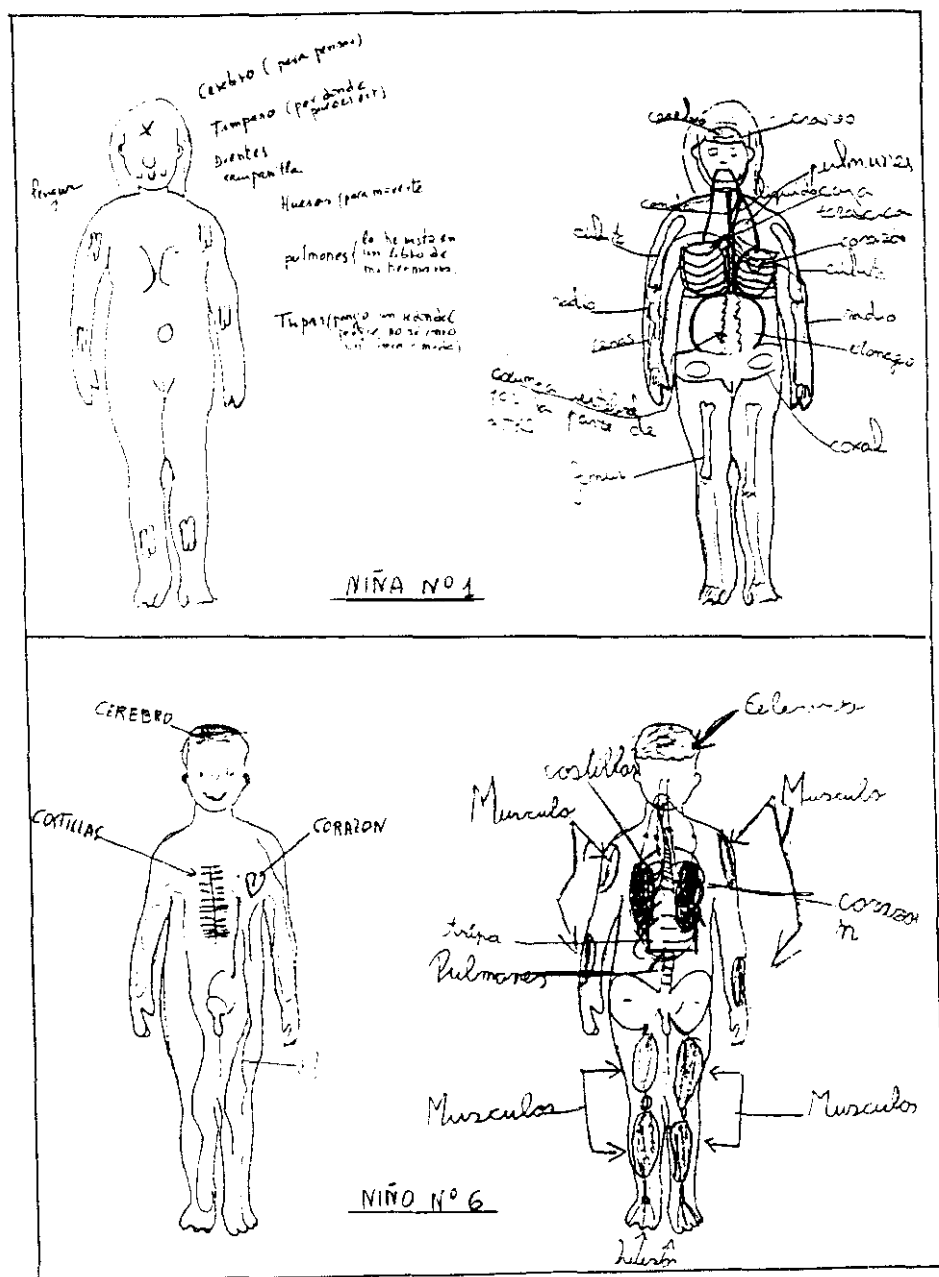


Figura 9.4- El contenido del interior del cuerpo en preescolar y 3º EGB



Características de los órganos internos

Los 10 niños que venimos siguiendo fueron entrevistados unos días después de realizar sus dibujos para que los explicaran en términos de la función de los distintos ítems dibujados y su naturaleza material.

La red para el análisis de estas entrevistas se organiza, como en el caso de preescolar, agrupando en una red los órganos de cada sistema que los niños conocen. En la red correspondiente a cada sistema particular se dan, en las categorías terminales, las frecuencias de su aparición en la muestra.

En este apartado daremos los resultados de todos los ítems dibujados exceptuando el cerebro y los nervios, que ya se trataron en apartados anteriores.

Ideas sobre el aparato locomotor: huesos y músculos

Ya hemos señalado la diferencia que existe en los dibujos entre los huesos, profusamente representados por todos los niños, y los músculos, que representan de modo genérico el 89% de los niños.

Todos los niños dibujan y nombran **huesos** a los que denominan con su nombre ESPECIFICO, aunque dibujen también otros a los que denominan con el nombre común de "huesos" (SIN ESPECIFICAR). En la Tabla 9.8 aparecen los nombres de huesos que se especifican en los dibujos de los 36 niños, y sus frecuencias.

Los que dibujan **músculos** los sitúan en brazos y piernas.

Tabla 9.8- Nombres de huesos utilizados y sus frecuencias. (N= 36)

NOMBRE	FRECUENCIA	NOMBRE	FRECUENCIA
CABEZA		EXTREM. SUPERIORES	
cráneo	9	húmero	1
calavera	2	cúbito	4
mandíbulas	5	radio	5
		codo	2
TRONCO		EXTREM. INFERIORES	
columna vertebral	12	fémur	3
vertebras	4	tibia	2
costillas	28	peroné	2
esternón	2	rodilla	2
omóplato	1	tobillo	2
coxal	5	falanges	1
caja torácica	5		

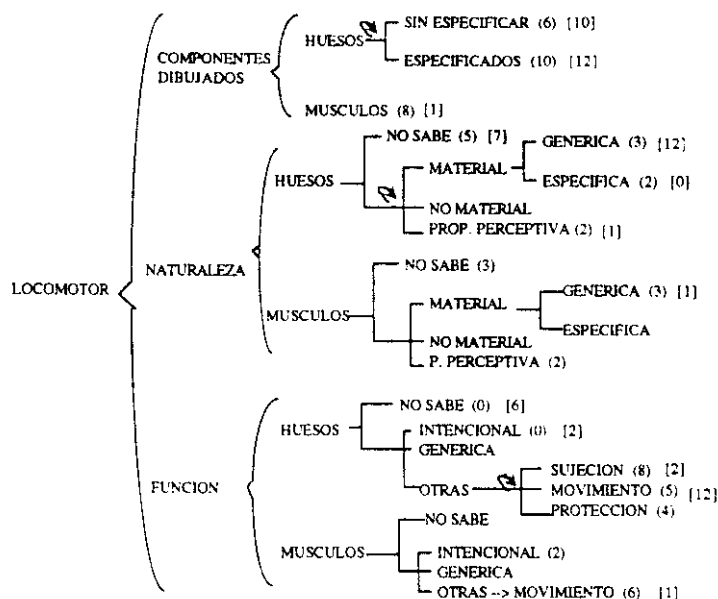
Las ideas de los niños sobre los huesos y músculos quedan reflejadas en la red del Cuadro 9.11.

La mitad de los niños NO SABEN de qué están hechos los **huesos**. La otra mitad se reparte entre: una PROPIEDAD PERCEPTIVA, "*son de una cosa dura*", y una naturaleza MATERIAL, bien GENERICA, son de "hueso", o señalan algún material ESPECIFICO, "*son de calcio*", "*son de leche*".

Los que dibujan los **músculos** dicen que NO SABEN de qué están hechos. o señalan un MATERIAL GENERICO, "*son de carne*", o una PROPIEDAD PERCEPTIVA, "*son unas cosas rojas que hay debajo de la piel*".

Para dar cuenta de las FUNCIONES atribuidas a estos elementos se han desarrollado las categorías que aparecen en la red del Cuadro 9.11, según las respuestas de los niños.

Cuadro 9.11- Ideas sobre el locomotor (N=10) [N=27, Preescolar]



Para los huesos:

- > la mayor parte de los niños los relacionan con la SUJECION del cuerpo. "son para mantenerte, sin huesos te caerías", "sin huesos serías como de plastilina";
- > el MOVIMIENTO es otra de las funciones más atribuidas. "los huesos son para que te puedas mover";
- > a determinados huesos, como las costillas o la caja torácica, les atribuyen la PROTECCION de órganos internos. "la caja torácica es para proteger el corazón".

Para los músculos:

- > el MOVIMIENTO es la función más atribuida, pero aparece también
- > una función que expresan en términos INTENCIONALES. "los músculos son para tener fuerza", "son para mantenernos en forma".

En resumen, de las ideas de los alumnos de 8-9 años referentes al aparato locomotor, después de que lo han estudiado, se puede decir que:

- Conocen los huesos y los músculos.
- Sitúan con acierto un buen número de huesos y los denominan por sus nombres específicos.
- La atribución de funciones a los huesos es correcta: los relacionan con el movimiento, la protección de órganos y la sujeción corporal.
- De los músculos no parecen recordar nombre específico alguno, y los representan de modo más genérico, en brazos y piernas.
- Relacionan los músculos con el movimiento y en algún caso con la "fuerza corporal".

Los cambios más notables ocurridos en las ideas de estos niños desde preescolar, y con la mediación de la instrucción son:

- > El reconocimiento y localización de músculos en el cuerpo.
- > Localizar y nombrar huesos específicos.
- > La atribución de diversas funciones a los huesos, que los preescolares reducían al movimiento.

Ideas sobre el circulatorio: corazón y venas

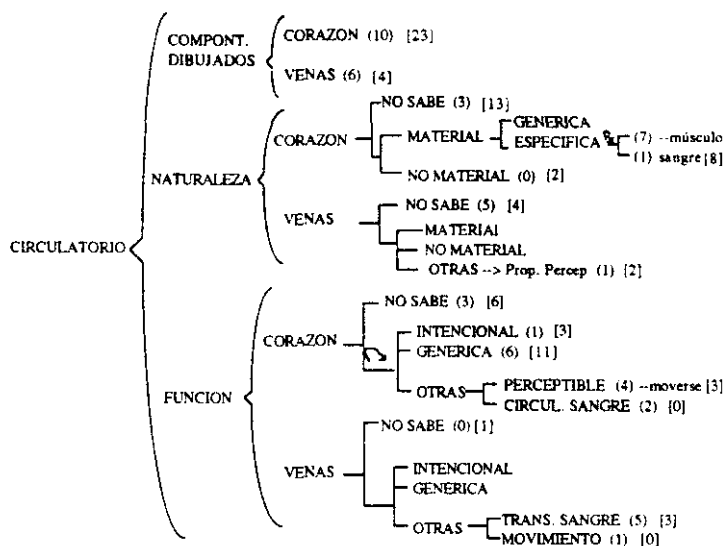
El **corazón** y las **venas** aparecen en bastantes dibujos; en el 80.5% y el 39% respectivamente. La sangre no suele aparecer, pero los entrevistados la nombran al hablar del corazón y las venas.

La red del Cuadro 9.12 muestra las ideas que sobre el corazón y las venas expresan los 10 niños entrevistados, junto a sus ideas en preescolar.

Representan el corazón en la parte izquierda del torax, algo desplazado de su lugar, y en algunos de los dibujos está en el lado derecho. Las venas aparecen como unas madejas, por gran parte del cuerpo; de los 36, sólo en un par de los dibujos están relacionadas o conectadas al corazón. Cuando los niños hablan de las venas durante la entrevista, suelen mostrar la parte ventral de las muñecas

señalar estos elementos; en algunos dibujos es ese el lugar donde aparecen dibujadas las venas (Figura 9.4, 3º EGB).

Cuadro 9.12- Ideas sobre el circulatorio (N=10, 3º EGB) [N=27, preescolar]



La NATURALEZA que la mayoría atribuyen al **corazón** es ser de **MUSCULO**. Ninguno sabe de qué son las **venas**, y aunque todos señalan que son "como unos tubos".

En cuanto a la **FUNCION** atribuida a estos componentes, se puede expresar del modo siguiente.:

Referente al **corazón**:

> un 60% de los niños dicen que es para que podamos vivir (**GENERICA**), y relacionan esta función con el movimiento del órgano (**PERCEPTIVA**). Aunque alguno de estos niños relacione el corazón con la sangre (es de sangre), no se refieren directamente a la circulación al explicar para qué necesitamos el corazón. Lo suelen expresar del modo siguiente:

"Necesitamos el corazón para vivir, al moverse hace que podamos vivir."

(Nº11)

" El corazón siempre va así.... latiendo , y hace que el cuerpo tenga vida"

(Nº17)

- > Un 20% relaciona el corazón de modo directo con la CIRCULACION de la sangre por el cuerpo:

" El corazón es para que la sangre circule. Cada vez que el corazón late es como si la sangre fuera avanzando por las venas en cada pulsación ." (Nº1)

" El corazón es para que la sangre llegue al cerebro. Llega por una vena ; del cerebro va por otras venas a todo el cuerpo". (Nº24)

- > Sólo un niño atribuye al corazón una función INTENCIONAL:

"Es para sentir cosas: pues que quieres a una persona". (Nº14)

En cuanto a las **venas**:

- > Excepto una niña, todos los que las nombran las relacionan con el TRANSPORTE de la sangre por el cuerpo. Sólo cuatro señalan explícitamente que "las venas llegan/salen del corazón". No se indagó en la entrevista si el modelo de circulación que han conceptualizado es abierto o cerrado.
- > Una niña, que localiza las venas en las muñecas, les atribuye el MOVIMIENTO de la mano.

Los aspectos sobre el circulatorio que conocen estos niños de 8-9 años, que no han estudiado formalmente este aparato, se pueden resumir del modo siguiente:

- Una buena parte de estos niños conocen la existencia del corazón y de venas en el cuerpo. Reconocen el corazón como hecho de "músculo", y las venas como tubos.
- La mayoría de los niños atribuye al corazón una función de tipo vitalista, "poder vivir", que relacionan con el latido que pueden percibir.
- Pocos niños señalan el corazón como causa directa de la circulación de la sangre, sin pasar por la explicación vitalista.
- Atribuyen a las venas el cometido de transportar la sangre por el cuerpo.

Los principales cambios desde precolar en relación al corazón y las venas son:

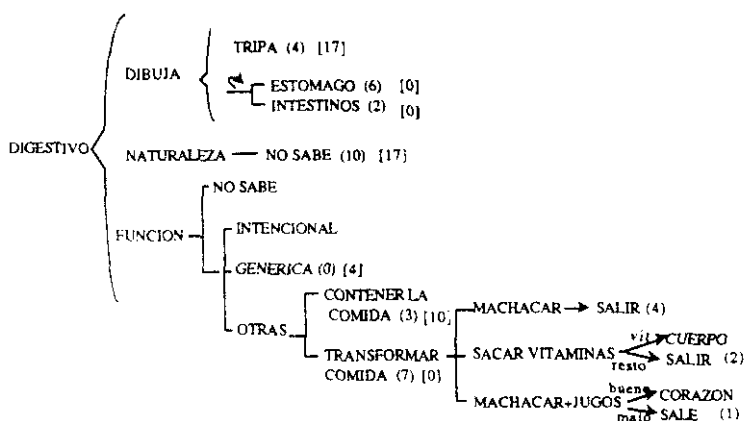
- > Aumenta el número de niños que hablan de las venas y las relacionan con la circulación de la sangre.
- > Señalan el corazón como un músculo, y no "hecho de sangre" como en preescolar.
- > Aparece un porcentaje muy pequeño (20%) que relaciona el corazón con la circulación de la sangre, pero la mayoría sigue atribuyéndole como función el "vivir".

Ideas sobre el sistema digestivo: estómago e intestinos

Los niños no dibujan de modo espontáneo elementos relativos al aparato digestivo. En los 36 dibujos sólo aparecen: el estómago en 2 dibujos, uno de los cuales añade además "el vientre"; la "tripa" en 1 dibujo; y el hígado en otros 2 dibujos. No obstante, durante las entrevistas sobre sus dibujos, se insistió a los niños en que recordaran más cosas que conocieran del interior del cuerpo, y al preguntarles directamente qué puede haber por esta parte (señalando la zona abdominal), todos dibujaron y hablaron de elementos del digestivo, como recoge la red del Cuadro 9.13.

Los niños dibujan una bolsa en el abdomen, a la que 6 nombran como estómago y 4 como tripa; 2 dibujan además algo que denominan intestinos o vientre, además del estómago (Figuras 9.3 y 9.4).

Cuadro 9.13- Ideas sobre el digestivo (n=10, 3º EGB) (N=27, preescolar)



Todos relacionan el estómago o la tripa con la comida, pero lo hacen de modos distintos.

- 3 niños tan sólo dicen que es un lugar al que vá la comida, sin que aventuren ninguna explicación de lo que creen que ocurre con ella. Por ejemplo:

A- "Cuando comes la comida llega a las tripas

E- ¿Cómo vá hasta allí?

A- Por un tubo que hay en la boca (dibuja)

E- ¿y qué le ocurre allí a la comida?

A- Hace la digestión

E- Ajá... y ¿qué le pasa?

A- No sé

E- ¿Dónde vá la comida después de la digestión

A- No lo sé". (Nº2)

A- "El estómago es como una bolsa para la comida

E- ¿Cómo llega la comida?

A- Por algún... venas... o tubos...

E- Y, ¿qué le pasa a la comida en el estómago?

A- Diges... dirge...

E- ¿digestión?

A- Sí,

E- ¿Qué es eso de la digestión?

A- Pues, ahí como que mastican la comida

E- ¿Y después?

A- Después crecemos

E- Ajá, pero la comida del estómago ¿dónde vá?

A- No lo sé". (Nº 14)

- 7 niños nombran algún tipo de transformación que ocurre a la comida y señalan una trayectoria desde el estómago. Hemos diferenciado tres transformaciones y recorridos diferentes:

> MACHACAR → SALIR: 4 alumnos explican de algún modo que la comida se hace más pequeña en estas estructuras que dibujan y luego sale al exterior. Lo explican así:

A- *"La comida la masticas y va por un tubo y va a la tripa y se machaca y después haces caca y sale."*

E- *¿Sale?*

A- *Si. El agua con la suciedad sale por aquí (señala), y la caca por la parte trasera". (Nº 9)*

A- *"Los alimentos van a la tripa por la garganta"*

E- *¿Y qué ocurre?*

A- *Vá toda la comida y se machaca, y luego, porque si comiésemos mucho no cabría, entonces luego echamos todo el líquido para hacer pis y toda la comida la hacemos así como así como es la caca". (Nº 15)*

> SACAR VITAMINAS $\xrightarrow[\text{resto}]{\text{vita}}$ CUERPO → SALIR: consideran las vitaminas como la parte de la comida que debe ser extraída y permanecer en el cuerpo, el resto es expulsado.

A- *"El estómago es para digerir la comida"*

E- *A ver explícamelo un poco más*

A- *En la boca hay dos tubos, uno que va la comida y otro que va el líquido. Y se unen los dos; llegan al estómago y se les sacan las vitaminas.*

E- *¿Y qué pasa entonces?*

A- *Las vitaminas se quedan en el cuerpo y lo demás se expulsa cuando vas al servicio.*

E- *y, ¿dónde van las vitaminas?*

A- *Las vitaminas irán por los brazos y los pies; para que vayas creciendo". (Nº 1)*

A- *"Cuando comes la comida baja al estómago por el cuello"*

E- *¿Y qué ocurre en el estómago?*

A- *El estómago lo digiere y después saca todas las vitaminas.*

E- *¿Y...?*

A- *Las vitaminas van por otras venas al cuerpo y lo demás se echa fuera". (Nº 17)*

> MACHACAR+JUGOS $\xrightarrow[\text{mata}]{\text{buena}}$ CORAZON → SALE: esta explicación corresponde a un niño que la detalla así:

A- *"Hay como un tubo que lleva la comida hasta el estómago .*

E- *Y ¿qué le pasa a la comida en el estómago?*

A- *Se hace como una papilla y luego pasa.*

E- *¿Pasa?*

A- *Sí, pasa a un sitio que se llama.....*

E- *¿tripa?, ¿intestino?*

A- *Intestino sí, y hay unos líquidos que no sé como se llaman, uno agrio y otro así, que se mezclan con la comida y ya se hace la papilla.*

E- *¿Qué interesante! Y ¿qué le pasa luego?*

A- *Pues... lo bueno se vá al corazón y lo malo haces pis y caca*

E- *Al corazón...*

A- *Si al corazón o ... al cuerpo humano ". (Nº7)*

Por tanto, en lo que se refiere al digestivo los niños de 8-9 años:

- Conocen poco más que el estómago como componentes de este sistema.
- No han desarrollado la idea de un tracto continuo boca-ano. Tampoco diferencian el tracto genito-urinario del alimentario.
- El estómago tienen función de contenedor del alimento para el 30% de los niños, que no saben qué ocurre después con él.
- El 70% señala que los alimentos sufren algún tipo de transformación en alguno de los contenedores que citan, antes de ser eliminados al exterior. Los cambios son para la mayoría transformaciones de tipo mecánico, como la trituración, o la separación de lo malo y lo bueno.
- Sólo un 30% de los niños conciben que parte de los alimentos que se toman se quedan en el cuerpo y otra parte se expulsa.

Los cambios más significativos desde preescolar no se refieren a los elementos de este sistema que dibujan, sino a sus ideas del destino de la comida una vez que entra en el cuerpo.

--> 70% de los niños hablan de algún tipo de transformación de la comida en los tramos del digestivo.

--> Un 30% señalan, a su manera, la permanencia en el cuerpo de parte de lo que ingieren.

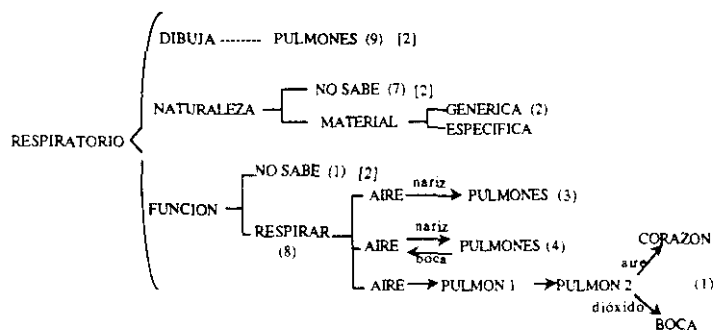
Ideas sobre el sistema respiratorio: los pulmones

El 39% de los niños dibujan **pulmones**. En general los localizan en el torax, pero su tamaño es más pequeño del debido y les quedan demasiado altos o demasiado bajos.

Los pulmones están representados como dos formas ovaladas sin conexión entre ellos o con alguna otra parte del cuerpo. Sin embargo, algunos de los niños entrevistados añaden, en el transcurso de la entrevista, unos tubos que salen de cada pulmón y llegan a los orificios nasales (Figura 9. 4, 3ºEGB).

Como indica la red del Cuadro 9.14, 9 de los 10 niños entrevistados dibujan pulmones. En general no saben de qué están hechos, y excepto uno de los niños que no sabe para qué son, los relacionan con la respiración, que consiste para ellos en tomar y expulsar aire. Esta concepción de la respiración es muy homogénea en los niños; las diferencias se refieren al conocimiento o no del camino por el que el aire entra y sale de los pulmones.

Cuadro 9.14- Ideas sobre los pulmones (N=10, 3º EGB) {N=27, preescolar}



Entre los niños entrevistados aparecen tres explicaciones al mecanismo de la respiración:

- > AIRE $\xrightarrow{\text{nariz}}$ PULMONES: hay 3 niños que dicen que el aire (o el oxígeno) entra por la nariz y vá a los pulmones; no saben cómo llega a ellos ni que ocurre después con el aire. Los ejemplos siguientes son transcripciones de comentarios de estos niños:

A- "Los pulmones son para respirar.

E- A ver

A- O sea al respirar llevan el oxígeno al cuerpo.

E- ¿Dónde está ese oxígeno?

A- En el aire.

E- ¿Por qué camino llega a los pulmones?

A - " Estos son los pulmones que son para respirar., uno para respirar el aire limpio y otro para echar el dióxido de carbono.

E- Explícame un poco más cómo ocurre todo eso.

A- De la nariz pasa a este pulmón por un tubo y el dióxido va al contrario, pero sale por la boca.

E- Dime, ¿por dónde llega el aire al otro pulmón?

A- Por otro tubo .(dibuja)

E- ¿Y qué pasa con el aire que no es el dióxido ?

A- El aire que se queda es para que el corazón funcione ". (Nº17)

Del análisis la red del Cuadro 9.14 y las ideas de respiración que explicitan los niños podemos concluir:

- El 39% de los alumnos de 3º de EGB dibujan espontáneamente los pulmones en el interior del cuerpo. Los representan como formas redondeadas sin conectar entre ellas o con otras partes del cuerpo.
- Durante las entrevistas, sólo algunos conectan los pulmones con las fosas nasales y lo hacen dibujando dos tubos independientes, uno para cada pulmón.
- Conciben la respiración: unos como la entrada de aire a los pulmones, sin saber qué ocurre después; otros dicen que el aire entra y sale; sólo un niño señala que algo del aire que entra se queda en el cuerpo.

Los cambios desde preescolar en las ideas de los niños relativas a los pulmones y la respiración son muy acusados.

--> Pasan del 7% al 39% las representaciones de los pulmones en el cuerpo.

--> Han adquirido una serie de ideas sobre los pulmones y la respiración que no poseían tres cursos antes. En general, piensan que el aire que entra en los pulmones, bien se queda allí, o sale por la boca.

Resumen de ideas sobre el cerebro, los nervios y los modelos mentales: los cambios desde preescolar

En apartados anteriores se analizaron con detenimiento estas ideas, así como los cambios que se dan de preescolar al inicio de 3º (Apartado 9.1.2) y desde entonces al final de curso (Apartado 9.2.2). Retomamos ahora los cambios desde preescolar a finales de 3º de modo general.

--> En el conjunto de la muestra

El cerebro

- Los niños al llegar a 3º localizan el cerebro en la cabeza , incluyendo los que en preescolar no sabían dónde estaba o lo localizaban en el tronco.
- Le atribuyen una naturaleza genérica (carne, una cosa blanda ...) en lugar de decir, como en preescolar que no saben de qué está hecho.
- Todos le atribuyen la función cognitiva de pensar, como lo hacían en preescolar, pero ahora, el 80% lo relacionan con los sentidos (en general no con todos), el 60% con el movimiento y, un 20% con "todo" lo del cuerpo, de modo global.
- En preescolar, estos niños no habían conceptualizado ningún mecanismo de ejecución, ahora, el 60% le atribuye al cerebro un mecanismo mental tipo control remoto, y un 40% explica una transmisión a través de unos conductos intermedios entre el cerebro y ciertas partes del cuerpo, que algunos nombran como venas. Es el primer indicio de un "sistema" funcional; pero, sólo en el 20% de los casos el cerebro tiene una función general, o tipo de intervención, diferente de ser soporte cognitivo de las actividades.

Los nervios

- En preescolar no tenían entidad material, se identificaban con un estado psicológico; en 3º la mitad de estos niños dicen que son unas "cosas" que hay en el cuerpo, pero generalmente no los localizan.
- Los niños que en 3º le atribuyen entidad material a los nervios les atribuyen la función de ponerle nervioso.

--> Los modelos mentales

- En preescolar los niños poseían un esbozo muy rudimentario de modelo mental del cerebro, caracterizado por alguno de los elementos que en 3º constituyen los modelos mentales.
- En 3º hemos podido describir tres modelos mentales sobre el cerebro, caracterizados por opciones distintas en los tres elementos que los constituyen (topología, función y mecanismos de ejecución).
- En relación a los nervios como entidades materiales, aparecen esbozos muy rudimentarios del elemento función en la mitad de los niños, mientras que la otra mitad los sigue considerando como un estado no relacionado con unos elementos corporales materiales.

9.3. Discusión: las ideas de los alumnos de 3º EGB sobre el cuerpo humano y el SN

Los trabajos realizados con niños de 8-9 años sobre el cuerpo humano son escasos. Entre los que incluyen estas edades en sus muestras tenemos los de Nagy (1953), Gellert (1962) Porter (1974) y Mintzes (1984), sobre aspectos generales del cuerpo humano, y el de Johnson & Wellman (1982) sobre el cerebro y la mente. Junto a estos trabajos empírico-descriptivos contamos con los de Crider (1981) y Carey (1985) de naturaleza interpretativa.

Como en el caso del trabajo con los preescolares, sólo podemos establecer comparaciones -sobre todo de tipo cuantitativo- con los resultados de Gellert y Johnson & Wellman, que los organizan por intervalos de edades. El resto de los autores los refieren a rangos de edades demasiado amplios (4-12 años Nagy y 6-11 Porter).

La discusión de los resultados se organiza en los siguientes apartados:

- el contenido del cuerpo humano
- características de los órganos internos y la acciones corporales
- el SN en el contexto de otros sistemas. Modelos mentales
- teorías intuitivas o tábula rasa?

9.3.1 - El contenido del cuerpo humano

Los huesos, el cerebro, los músculos, y el corazón, son los elementos más nombrados por los niños de 3º. Huesos, cerebro y corazón, coinciden con los resultados obtenidos por otros autores (Porter, 1974; Gellert, 1962). Sin embargo estos niños representan en tercer lugar los músculos, que aparecen menos en otras muestras, y los niños de Gellert nombran en cuarto lugar la sangre.

Estas discrepancias se deben probablemente: a la instrucción en el caso de nuestra muestra, y a la circunstancia de que los niños de Gellert están hospitalizados, posiblemente la misma razón por la que dichos niños nombran con mayor frecuencia que los nuestros los intestinos (téngase en cuenta que en

inglés "mover los intestinos" es una expresión común para referirse a la defecación).

Las Tabla 9.9 y 9.10 presentan resultados numéricos de Gellert y nuestros, relativos a los conocimientos de los niños sobre el contenido del cuerpo. La edad de nuestros niños se sitúa en los dos intervalos en que Gellert divide su muestra.

Tabla 9.9- Número de ítems internos dibujados (o citados) en Gellert y Serrano

	EDAD	Nº NIÑOS	MEDIA		RANGO	
			(nº ítems)	(nº ítems/nº)	ITEM	
G E L L E R T	7-8.11	19	4.2	0-10	24	
	9-10.11	23	9.0	2-21	61	
N T R O	8.6-9.5	36	8.0	3-16		

Tabla 9.10- Comparación de los ítems de mayor frecuencia en Gellert y Serrano

ITEM	% DE NIÑOS QUE LO NOMBRAN		ORDEN DE RANGO	
	(Serrano)	(Gellert)	(Serrano)	(Gellert)
HUESOS	100	100	1	1
CEREBRO	97	52	2	3.5
MUSCULOS	89	22	3	17
CORAZON	81	65	4	2
PULMONES	39	43.5	5.5	5.5
V. SANGUTNEOS	39	39	5.5	7
ESTOMAGO	28	26	8	12
SANGRE	16.5	52	9	3.5
INTESTINOS	5.5	43.5	13.5	5.5

La influencia de la instrucción en los conocimientos de los niños de 3º sobre el interior del cuerpo queda reflejada, como vimos, en la cantidad de huesos que dibujan y en los nombres específicos que son capaces de recordar seis meses después de la instrucción. Los músculos, que también han sido objeto de estudio,

aparecen también en más del 85% de los dibujos, pero en este caso no especifican nombres particulares.

En los dibujos aparecen órganos internos que no han sido objeto de instrucción: el corazón y los pulmones, por ejemplo, están bastante representados. ¿De dónde provienen estos conocimientos?. De nuevo creemos que del aprendizaje social y del interés de los niños de esta edad por su cuerpo; de hecho, fueron varios los niños que dijeron conocer cosas porque lo han visto en libros de sus hermanos, o porque se lo han contado sus padres. Sea cual fuere el origen de los conocimientos infantiles, la mayoría de los trabajos sobre el tema (Gellert, 1962; Mintzes, 1984; Carey, 1985) son coincidentes al señalar que en torno a los 9 años se produce un aumento considerable de los conocimientos infantiles sobre el cuerpo.

A pesar de que buena parte de los sistemas corporales estén representados en los dibujos infantiles por alguno o algunos de sus componentes, tomados uno a uno resultan muy incompletos como tales sistemas. En todos ellos faltan elementos, y en los que aparecen varios integrantes están inconexos, incluso cuando se trata de elementos dobles, como los pulmones. Las relaciones que los niños establecen entre los órganos que dibujan sólo es posible conocerlas a través de sus comentarios sobre las funciones de estos órganos, como veremos a continuación.

9.3.2 • Los órganos internos y las acciones corporales

Aspectos fenomenológicos

Características de los órganos internos

- En lo que se refiere a los conocimientos sobre su naturaleza:
 - Los niños afirman mayoritariamente que no saben de qué están hechos los órganos internos, a excepción de los huesos, que son de "hueso". El recurso a describir los constituyentes de los órganos en términos de sus propiedades perceptivas, o de elementos específicos es muy bajo.

En este punto, las ideas de estos niños no han experimentado variaciones significativas de conjunto desde preescolar.

- Estos resultados contrastan con los referidos por Nagy (1952) que llega a formular lo que denomina "principio de homogeneidad corporal", según el cual los niños entre los 4 y 12 años atribuyen a todos los órganos internos una composición similar: huesos, piel, carne y sangre.

• Las funciones atribuidas a los órganos internos tienen las siguientes notas:

- Cuando se refieren a órganos que no han sido objeto de instrucción, los alumnos de 3º de EGB tienden a atribuir una función a cada órgano, expresada en principio en términos muy globales.

En el caso del corazón la función es de carácter genérico finalista: "es para vivir", mientras que en otros casos, como el estómago o los pulmones, la relacionan con la comida o la respiración, respectivamente, de modo muy global.

- Cuando se les pide que expliquen más la función global de cada órgano lo hacen en relación al desplazamiento por el cuerpo de alguna sustancia (desplazamiento que nunca recorre todo el trayecto real); esta tendencia es mayoritaria para el estómago y los pulmones y menos acusada en el caso del corazón y el cerebro.

Para dar cuenta de dichos desplazamientos añaden nuevos elementos anatómicos (tubos, conductos), que no han dibujado espontáneamente, para conectar entre sí órganos, o éstos con el exterior del cuerpo; es el primer indicio de "sistema" corporal que aparece en el discurso de los niños.

Son pocos los niños que han conceptualizado algún tipo de transformación de las sustancias circulantes (el mayor porcentaje se da en relación a la comida); las transformaciones descritas son procesos de separación de "lo bueno y lo malo".

Es aún menor el número de niños que señalan que algo de la comida y del aire que entra en el cuerpo permanece en él.

- Las funciones de los órganos principales (corazón, pulmones, cerebro, estómago) son independientes entre sí.

- Las funciones atribuidas a los elementos internos que han sido objeto de la instrucción (huesos y músculos) son más diferenciadas, y en el caso de los huesos señalan más de una función: movimiento, sujeción y protección. Huesos y músculos están relacionados en una misma función, el movimiento.
 - Las ideas sobre las funciones de los órganos y las explicaciones sobre las mismas han sido adquiridas por estos niños en el transcurso de los años desde preescolar a tercero. Excepto las relativas al Sistema Locomotor, objeto de instrucción, el resto son representaciones espontáneas, en las que parece tener un lugar preponderante el aprendizaje social.
 - Las funciones que atribuyen los niños de nuestro estudio a los diferentes órganos internos coinciden con las categorías de mayor frecuencia en el trabajo de Gellert (1962). No obstante, en algunos casos las proporciones de las distintas funciones en ambas muestras difieren, y los niños de Gellert generan categorías de funciones que no aparecen en los nuestros. Creemos que las discrepancias se deben principalmente al hecho, ya señalado, de que la muestra de Gellert la constituyen niños hospitalizados y su experiencia de aspectos determinados de su cuerpo no es la misma que la de niños sanos. La tendencia a atribuir una función por órgano ha sido también puesta de manifiesto en otros estudios con niños de estas edades (Nagy 1952, Gellert 1962, Crider 1981)
- Detallando un poco más los aspectos relativos al SN podemos señalar:
- Todos los niños atribuyen al cerebro entidad material y sólo la mitad piensan en estos términos de los nervios. El 50% que atribuye entidad material a los nervios los relaciona con el estado de nerviosismo. A pesar de que en la instrucción aparecían nervios conectados al cerebro los órganos de los sentidos, los niños no parecen haber asimilado esta concepción. Cuando señalan que algunos sentidos se comunican por tubos con el cerebro, nunca los identifican como nervios.
 - El cerebro tiene para los niños una función primordialmente cognitiva, y aunque más de la mitad de los niños le atribuyan una segunda función relativa al movimiento o a los sentidos, esta relación tiene en la mayoría de los casos un matiz exclusivamente mental: el cerebro manda órdenes, reconoce y almacena información.

Para explicar ahora la intervención del cerebro, la mitad de estos niños conciben la existencia de tubos por los que se comunica con los sentidos o partes que se mueven. Sólo el 20% explican algún mecanismo por el que el cerebro tiene una intervención más amplia que "conocer" lo que ocurre.

- Los resultados del trabajo de Johnson & Wellman (1982) con niños de 8-9 años sobre el cerebro y la mente, coincide con los nuestros, sobre todo en las categorías de mayor frecuencia en ambas muestras. Cuando se les pregunta a los niños del citado estudio si el cerebro es necesario para una serie de actos corporales no mentales (sentidos, movimiento, actos involuntarios), sus respuestas se asocian a las categorías que se muestran en la Tabla (9.11) siguiente.

Tabla 9.11- Función del cerebro en actos no mentales (Johnson & Wellman, 1982)

CATEGORIAS	% EN LA MUESTRA
Requerimientos cognitivos	79
Directrices verbales	21
Esencial para la vida.....	29
Control	00

Si comparamos estos resultados con con las explicaciones de nuestros escolares sobre los mecanismos de intervención del cerebro en actos senso-motores (Cuadros 9.6 y 9.7), vemos que en ambos aparecen mecanismos en los que el cerebro interviene únicamente como Requerimiento Cognitivo, y que corresponden a los de mayor frecuencia en la muestra.

Las Directrices Verbales de Johnson corresponden a las expresiones de los niños en términos de: "el cerebro dice", "dá la orden" o "recibe mensajes", sin especificar más. En nuestra muestra, este tipo de expresiones no se han considerado independientemente de otras que también denotan matices mentales-cognitivos, al establecer las categorías de las redes; pero se pueden encontrar con cierta frecuencia cuando los niños justifican la intervención/no intervención del cerebro en los casos planteados a través de las 12 tarjetas. Por ejemplo, el alumno N° 6 señala que el cerebro *"manda mover las piernas"*

para andar " y *"manda mover el brazo para coger un vaso "*; otro (nº14) dice que el cerebro es necesario para leer *"porque te aclara lo que lees "*, etc.

La categoría Esencial Para la Vida aplicada al cerebro, correspondería a nuestra categoría FUNCION GENERICA. que como vemos no aparece como tal en las explicaciones de los niños de tercero. No obstante, el 20% que relaciona al cerebro con TODO lo del cuerpo reconoce que sin cerebro no podrías vivir, pero es una necesidad distinta del carácter de necesidad genérica vitalista que algunos niños le atribuyen al corazón.

Una categoría que aparece vacía en el estudio de Johnson y Wellman para los niños de estas edades es la de Control, que aparece más adelante con un 18% en los niños de 5º grado de su muestra. En nuestra muestra, sin embargo, aparece un 20% de explicaciones en las que el cerebro parece intervenir en algo más que servir de soporte cognitivo en algunos sentidos y movimientos; los niños no utilizan el término control, pero dejan claro que la falta de cerebro suprime la actividad, no sólo su base cognitiva.

- Gellert (1962) no investiga las ideas de los niños sobre el cerebro. En relación a los nervios señala que tan sólo 1 niño de los 42 de 7 a 11 años los dibujó en la cabeza. Al preguntarles por su función encontró que:
 - 24% de los niños de 7-9 años dicen no conocer para qué son los nervios: un 35% de las respuestas los refieren a estados emocionales, y el resto a otras categorías, como pensar, hablar, respirar, etc.
 - sin embargo entre los 9 y 11 años sólo un 4% ignoran su función, el 45% los relacionan con los sentidos: 26% con estados emocionales y el resto con categorías similares a las citadas para 7-9 años.

De hecho, si el modelo propuesto por la instrucción sobre los sentidos hubiera sido asimilado por los niños de 3º, los resultados esperados se hubieran acercado más a los de 9-11 años del trabajo que venimos relatando.

Las acciones corporales

- Los niños de tercero refieren las actividades senso-motoras a órganos del cuerpo que conocen y son consistentes en sus explicaciones con las funciones atribuidas a dichos órganos. Ver, oír, moverse, o dar una patada, son explicados por los niños en términos biológicos elementales, e incluso erróneos, pero no en términos de intenciones y deseos personales.
- A diferencia de cuando eran preescolares, ahora son capaces de describir algún mecanismo, aunque sea muy rudimentario, para explicar cómo intervienen partes del cuerpo implicadas en las acciones senso-motoras. Al final de curso, posiblemente por influencia de la instrucción, un mayor número de niños involucra al cerebro en la actividad sensorial, lo cual conlleva una mayor complejidad en sus ideas sobre los mecanismos.
- Los estados emocionales son explicados por los niños, tanto en preescolar como en tercero, en términos intencionales, sin relación a órganos internos. Este tipo de explicaciones nos dan la pauta para diferenciar cuándo las explicaciones de un niño se pueden denominar psicológicas, por contraposición a las expresadas en términos biológicos, aunque sean elementales y vitalistas.

Aspectos interpretativos

Teniendo en cuenta nuestro trabajo y todos los citados, relativos a los conocimientos de los niños sobre el interior del cuerpo, parece existir bastante grado de homogeneidad: sus respuestas se pueden referir, en términos generales, a categorías similares. ¿De dónde procede esta homogeneidad?. Podríamos considerar dos factores: 1º) el mismo tipo de influencias socio-culturales, y 2º) la posibilidad de que estén utilizando modos de razonamiento similares para organizar las experiencias y observaciones sobre su cuerpo.

Los niños que constituyen nuestra muestra pertenecen a un tipo de clase media-alta, y además llevan al menos 3 cursos en el mismo centro escolar, con lo que esto conlleva de socialización de conocimientos. La influencia del medio familiar en sus conocimientos la ponen de manifiesto ellos mismos: en varias ocasiones, durante el transcurso de las entrevistas, varios niños justificaron sus respuestas aludiendo a :

"me lo ha enseñado mi padre, que es médico"

"lo he visto en un libro de mi hermano, que es mayor"

Sorprende sin embargo que sólo un par de niños hiciera referencia un programa de TV sobre el cuerpo humano que se emitió varias veces en el transcurso de esos años.

El factor socio-cultural no explicaría, por sí sólo, las coincidencias con otros estudios realizados a mucha distancia en el tiempo y medio cultural, aunque quizás sea interesante destacar el adelanto de casi dos años en los resultados entre la muestra de Gellert y la nuestra. Esta aparente precocidad puede deberse al aumento de la presencia de los temas relativos a la salud y el cuerpo en la cultura contemporánea.

Para considerar el segundo factor mencionado nos preguntamos, ¿cuáles son las fuentes y medios de adquisición del conocimiento sobre el cuerpo de que disponen los niños de esta edad?

El propio cuerpo es la experiencia más "cercana" y sin embargo, el acceso experiencial a su contenido interno y funcionamiento es muy limitado para el sujeto. Podemos suponer tres fuentes de conocimiento infantil sobre el cuerpo:

- *La experiencia cotidiana o común de actividades corporales*, como por ejemplo: tomar alimentos, eliminar cosas en forma de "caca" y "pis", oler, "respirar" por la nariz y la boca, sangrar cuando se tiene una herida, moverse, sentir un dolor, etc. La mayor parte de los conocimientos corporales que se tienen por esta vía se refieren a aspectos parciales, o resultados de la actividad interna, no directamente accesible a la experiencia del sujeto.

- *La manipulación investigadora del cuerpo*: los niños notan la dureza de los huesos en determinadas partes corporales, el latido del corazón, observan las venas en las muñecas y antebrazos, tratan de mantenerse un tiempo sin inspirar aire, etc. Los conocimientos que adquieren por esta vía se refieren a aspectos perceptibles del cuerpo y su funcionamiento. Son los que Crider (1981) denomina elementos fácilmente perceptibles.

- *La transmisión social*: los niños aprenden cosas sobre el cuerpo porque se las relatan, en unas ocasiones de modo explícito y en otras de manera implícita, personas mayores o los medios de comunicación. Conocen así que hay cosas que

deben o no deben comer, que hay que respirar aire "bueno", que las vitaminas son muy importantes en la dieta, que ciertas comidas "sientan mal al estómago", que *tiene que descansar para hacer bien la digestión*, que *una persona esta mal de "los nervios"*, etc. Estos conocimientos se refieren por lo general a aspectos internos no accesibles por vía experiencial o manipulativa.

Además, a partir de 3º de EGB, estos niños disponen de otra fuente de conocimientos:

- *la instrucción* : los datos evidencian conocimientos que provienen del aprendizaje escolar; los nombres de los huesos, la existencia de músculos, la relación de los sentidos con el cerebro, en los niños de 8-9 años parecen tener primordialmente este origen.

No obstante, los conocimientos espontáneos de estos niños de 8-9 años sobre el cuerpo humano parecen provenir de las tres primeras fuentes . La interacción entre las observaciones cotidianas, la indagación del propio cuerpo y lo aprendido por transmisión social puede dar cuenta del aumento de complejidad en las ideas desde preescolar. La aparición más frecuente en estas edades de los órganos considerados como "contenedores" o "agentes" en el desplazamiento de sustancias (pulmones, estómago, venas) (Crider, 1981), y las explicaciones que hemos analizado sobre su funcionamiento, pueden interpretarse bien desde la perspectiva expuesta.

Diferenciación/integración de los conocimientos.

Los Niveles de Conceptualización propuestos por Crider (1981) dan cuenta de distintos momentos de *diferenciación e integración* de órganos y funciones corporales en la evolución el pensamiento infantil. Según Crider, su secuencia de Niveles es invariante, pero niños de la misma edad pueden estar en diferentes Niveles respecto de los mismos órganos, y es igualmente posible que un mismo niño esté también en Niveles diferentes en sus conceptualizaciones de distintos órganos.

Para comprobar las tesis de Crider en nuestra muestra de tercero, podemos establecer una relación entre los diferentes Niveles de diferenciación/integración

de órganos y funciones de Crider y los paradigmas que les corresponden en las redes relativas a los sistemas corporales, como se indica en la Tabla 9.12.

Recordemos que Crider en su trabajo no numera los Niveles: la determinación de los 8 Niveles señalados en el cuadro es interpretación nuestra, para facilitar las referencias.

Tomamos a continuación los paradigmas correspondientes a algunos niños de 3º de EGB en las redes de distintos sistemas, y vemos a qué Nivel de los señalados por Crider se pueden referir los órganos que conocen (cuando se señalan dos Niveles, el primer número corresponde al Nivel del primer órgano señalado y el segundo al del segundo órgano).

ALUMNO Nº 1

CIRCULATORIO -----> Niveles 5 (corazón) y 4 (venas)

COMPONENTES DIBUJADOS (CORAZON) (VENAS)
 NATURALEZA (CORAZON (forma prototípica) (MUSCULO))
 (VENAS (tubos) (PROP. PERCP.))
 FUNCION (CORAZON (CIRCUL. SANGRE))
 (VENAS (TRANSP. SANGRE))

RESPIRATORIO -----> Nivel 4

COMPONENTES DIBUJADOS (PULMONES)
 NATURALEZA (bolsas y tubos a boca y nariz) (MUSCULO)
 FUNCION (RESPIRAR (AIRE ENTRA POR NARIZ Y SALE POR BOCA))

DIGESTIVO -----> Nivel 6

COMPONENTES DIBUJADOS (ESTOMAGO)
 NATURALEZA (bolsa y tubo a boca) (NO SABE)
 FUNCION (TRANSFORMAR COMIDA[sacar vitaminas] Y SALIR))

NERVIOSO -----> Niveles 4 y 2

COMPONENTES DIBUJADOS (CEREBRO) (NERVIOS)
 NATURALEZA (CEREBRO (masa redondeada) (NO SABE))
 (NERVIOS (tubos) (NO SABE))
 FUNCION (CEREBRO (PENSAR) (SENTIDOS [van al cerebro]))
 (NERVIOS (PONERTE NERVIOSA))

Tabla 9.12- Niveles de Crider y paradigmas correspondientes en redes.

Niveles de diferenciación/integración	NIVELES DE ORGANIZACIÓN DE CRIDER		PARADIGMAS EN REDES	
	<ul style="list-style-type: none"> No diferencia estructura de función 		COMPONENTES DIBUJADOS NATURALEZA (forma dibujo) (NO SABE)/ (NO MATERIAL) FUNCION (NO SABE)	
	<ul style="list-style-type: none"> Reconoce partes internas del cuerpo por su localización. 	<ul style="list-style-type: none"> No sabe atribuirles funciones. 	COMPONENTES DIBUJADOS NATURALEZA (forma dibujo) (NO SABE)/ (NO MATERIAL) FUNCION (INTENCIONAL)/(GENERICA)	
	<ul style="list-style-type: none"> Nombra pocos órganos y los localiza. 	<ul style="list-style-type: none"> Cada órgano centro y agente de una función poco diferenciada. Funciones en términos de estados y actividades percibidas (¿intencionales?) 	COMPONENTES DIBUJADOS NATURALEZA (forma dibujo) (PRO. PERCEP) FUNCION (GENERICA)/(ACTV. PERCEPTIBLE)	
	<ul style="list-style-type: none"> Especifica la naturaleza de los órganos en términos de atributos perceptivos. 	<ul style="list-style-type: none"> Funciones en términos de actividades perceptibles o por contigüidad espacio temporal. 	COMPONENTES DIBUJADOS NATURALEZA (forma dibujo) (PRO. PERCEP) FUNCION (las que indican contención o desplazamiento pasivo de sustancias)	
	<ul style="list-style-type: none"> Estructura y función diferenciadas y relacionadas por el desplazamiento de sustancias. Órganos como contenedores pasivos. Cada órgano locus de una función. 		COMPONENTES DIBUJADOS NATURALEZA (forma dibujo) (PRO. PERCEP) FUNCION (las que indican desplazamiento de sustancias por acción del órgano)	
	<ul style="list-style-type: none"> Nueva coordinación estructura-función 		COMPONENTES DIBUJADOS NATURALEZA (forma dibujo) (PRO. PERCEP) FUNCION (las que indican desplazamiento de sustancias por acción del órgano)	
	<ul style="list-style-type: none"> Órganos como agentes activos de los desplazamientos de las sustancias. 		COMPONENTES DIBUJADOS NATURALEZA (forma dibujo) (PRO. PERCEP) FUNCION (las que indican desplazamiento de sustancias y transformaciones sencillas)	
	<ul style="list-style-type: none"> Diferenciación del movimiento de órganos y sustancias que se relacionan de modo coordinado o reversible. 		COMPONENTES DIBUJADOS NATURALEZA (forma dibujo) (PRO. PERCEP) FUNCION (las que indican desplazamiento de sustancias y transformaciones sencillas)	
	<ul style="list-style-type: none"> Aparecen ideas sobre la transformación de sustancias específicas, en el interior de órganos. Las estructuras pueden ser consideradas, aún de modo anárquica, como agentes de transformación. 		NO APARECEN CATEGORIAS EN LA MUESTRA DE 3º DE EGB QUE RESPONDAN A ESTOS NIVELES	
	<ul style="list-style-type: none"> Diferencian niveles de organización distintos (orgánico y celular) Las transformaciones se conciben como coordinadas reversibles 			

ALUMNO Nº 11**CIRCULATORIO** -----> Niveles 3 y 4

COMPONENTES DIBUJADOS (CORAZON) (VENAS)
 NATURALEZA (CORAZON (forma prototípica) (MUSCULO Y SANGRE))
 (VENAS (tubos) (NO SABE))
 FUNCION (CORAZON (GENERICA { vivir})) (ACT. PERCEPTIBLE {moverse})
 (VENAS (TRANSP. SANGRE))

RESPIRATORIO

COMPONENTES DIBUJADOS (---)

DIGESTIVO -----> Nivel 4

COMPONENTES DIBUJADOS (ESTOMAGO)
 NATURALEZA (bolsa y tubo a boca) (NO SABE)
 FUNCION (CONTENER COMIDA)

NERVIOSO -----> Nivel 4

COMPONENTES DIBUJADOS (CEREBRO)
 NATURALEZA (CEREBRO (masa redondeada) (NO SABE))
 FUNCION (CEREBRO (PENSAR) (MOVIMIENTO {ilega información}))

ALUMNO Nº 17**CIRCULATORIO** -----> Niveles 3 y 4

COMPONENTES DIBUJADOS (CORAZON) (VENAS)
 NATURALEZA (CORAZON (forma prototípica) (NO SABE))
 (VENAS (tubos) (NO SABE))
 FUNCION (CORAZON (GENERICA {tener vida})) (ACT. PERCEPTIBLE {latir})
 (VENAS (TRANSP. SANGRE))

RESPIRATORIO -----> Nivel 6

COMPONENTES DIBUJADOS (PULMONES)
 NATURALEZA (bolsas y tubos a nariz) (MUSCULO)
 FUNCION (RESPIRAR (aire entra por nariz a pulmones; el bueno va al corazón
 y el malo sale por boca))

DIGESTIVO -----> Niveles 6 y 4

COMPONENTES DIBUJADOS (ESTOMAGO) (VIENTRE)
 NATURALEZA (ESTOMAGO (bolsa y tubo a boca) (NO SABE))
 (VIENTRE (TUBOS) (NO SABE))
 FUNCION (ESTOMAGO (DIGERIR COMIDA[sacar vitaminas que van al cuerpo] Y
 SALIR))
 (VIENTRE (transportar desperdicios fuera))

NERVIOSO -----> Niveles 5 y 2

COMPONENTES DIBUJADOS (CEREBRO) (NERVIOS)
 NATURALEZA (CEREBRO (masa redondeada) (GENERICA [carne y sangre]))
 (NERVIOS (tubos) (NO SABE))
 FUNCION (CEREBRO (PENSAR) (SENTIDOS [van al cerebro]) (MOVIMIENTO))
 (NERVIOS (PONERTE NERVIOSO))

Los ejemplos anteriores confirman en nuestra muestra la variabilidad de Niveles en cada sujeto en relación a los diferentes órganos, y también que un

mismo órgano puede ser representado en niveles diferentes por niños de la misma edad. Pero, como Crider señala también, se aprecia una cierta correlación (en nuestro caso confluencia) entre edad y Nivel de conceptualización de un mismo órgano.

No hemos analizado la evolución de cada niño desde preescolar a 3º, en su conceptualización de las funciones de los órganos desde la perspectiva de Crider, porque, como señalamos en el capítulo anterior, su descripción de los Niveles 2 y 3 nos parece muy global y poco diferenciadora; esto dificulta en analizar con exactitud la progresión de cada niño, ya que los preescolares estarían en estos Niveles. Sin embargo, las tendencias que sí se percibe en nuestra muestra son:

- El 50% de estos niños, cuando estaba en preescolar decían no saber la función de los pocos órganos que conocían; el 50% que nombraban alguna función la expresaban en términos genéricos (corazón) o de actividades perceptibles. Muy pocos se expresaban en términos intencionales.
- Estos mismos niños cuando están en tercero atribuyen a los órganos que conocen -que ahora son más numerosos- alguna función, y la expresan, excepto en el caso del corazón, en términos de contenedores/ desplazamientos, iniciándose también una tendencia a considerar transformaciones sencillas: dichas transformaciones son de carácter mecánico (triturar, separar), y en ocasiones les adjudican un estatus "moral" (lo bueno y lo malo).
- Cuando los niños de tercero localizan órganos que no nombraban en preescolar (pulmones, partes del digestivo), no conceptualizan su función en términos de los Niveles 1 o 2 de Crider, sino que parecen hacerlo, al menos, como contenedores.

Estas constataciones no ponen en entredicho que se dé una secuencia de conceptualización invariante; lo que postulan es la necesidad de un mayor número de estudios que permitan perfilar aspectos de la propuesta de Crider, tanto desde la secuencia de niveles, como desde la descripción de los mismos.

En términos generales, al llegar a 3º los niños han diferenciado un mayor número de órganos internos; les atribuyen funciones específicas que expresan de modo muy global; parecen estar en un momento de activa diferenciación con escasa integración. Sin embargo, aparecen indicios de un primer nivel de integración elemental órgano-función en términos del desplazamiento de sustancias. Este

desplazamiento supone en algunos casos -como el digestivo- transformaciones sencillas de dichas sustancias en lugares determinados (estómago).

Más "biólogos " que "psicólogos" intuitivos

Si nos acercamos a los niños de 3º desde la perspectiva de Carey (1985) podemos preguntarnos en qué punto se encuentran en relación al cambio conceptual desde una "psicología intuitiva a una biología intuitiva". La afirmación de dicha autora es que:

"A los 10 años, y decididamente no a los 7 u 8 , el niño entiende que el cuerpo contiene numerosos órganos que funcionan unidos para mantener la vida". (p.51)

Como acabamos de ver, en las explicaciones de los niños no aparece aún un nivel de integración de los diferentes órganos y funciones como para considerar el modo en que dichos órganos se relacionan para "mantener la vida, el crecimiento y la reproducción", aspectos que Carey considera esenciales para sancionar el paso a una biología intuitiva. Sin embargo, no es obvio que el tipo de explicaciones de los escolares se inscriban en el marco explicativo del comportamiento humano, entendiendo este en el sentido de Carey de justificar comportamientos individuales.

La hipótesis de Carey es que para que ocurra una reorganización conceptual se tiene que haber alcanzado una "masa crítica de conocimientos biológicos". Creemos que los niños de 3º estudiados no disponen aun de los suficientes conocimientos sobre el cuerpo como para que se produzca esa reorganización que dé paso a "una biología humana intuitiva" como marco teórico global, tal y como Carey la define. No obstante, las ideas de los niños ponen de manifiesto que han adquirido suficientes "conocimientos biológicos intuitivos" como para no basar sistemáticamente el funcionamiento orgánico en una causalidad intencional (no hay que confundir la causalidad intencional a la que Carey se refiere con un tipo de pensamiento biológico de caracter finalista).

Algunos de los conocimientos que en esta edad poseen los niños podrían generarse - y es sólo una hipótesis a comprobar- por vía analógica. Por ejemplo, supongamos que el funcionamiento sobre el funcionamiento de los pulmones o del tramo digestivo que tienen algunos niños de la muestra, los que describen

desplazamientos de sustancias por conductos, han sido adquiridos por interacciones entre la experiencia cotidiana y la transmisión social. Al preguntarles cómo se relaciona el cerebro con determinadas partes corporales en otras actividades (relación que no les es familiar por las vías anteriores), proyectan el mismo patrón que tienen para los otros órganos: conceptualizan tubos por los que circula la información o las órdenes del cerebro.

De hecho, los niños que hablan de conexiones entre el estómago y los pulmones con el exterior al explicar cómo funcionan estos órganos, son los que suelen también decir que hay tubos o venas que comunican el cerebro con ciertos sentidos y otras partes que se mueven.

La utilización del pensamiento analógico por los niños ha sido propuesto por diversos autores, en contextos distintos del que nos ocupa (Goswami, 1991; Inagaki, 1990; Vosniadou, 1989; Brown y col., 1988, 1986)

9.3.3- El SN en el contexto de otros sistemas. Modelos mentales

Los niños de tercero no han conceptualizado relaciones entre el cerebro y los nervios que conocen. Los que establecen conexiones materiales entre el cerebro y otras partes del cuerpo lo hacen a través de "venas" u otros conductos "ad hoc", que sólo explicitan cuando tienen que explicar los mecanismos de funcionamiento del cerebro.

La misma situación se da en relación al resto de los sistemas corporales, de los que conocen órganos importantes (corazón, pulmones, estómago) que dibujan aislados. Sólo cuando se les pide que expliquen con detenimiento cómo estos órganos llevan a cabo sus funciones en el cuerpo, los niños añaden "conductos" que comunican los órganos con otras partes corporales.

Si referimos las representaciones del cerebro y los nervios de estos niños desde los Niveles de conceptualización de Crider, como hemos hecho con el resto de los sistemas corporales tenemos:

- Todos los niños en tercero hablan del cerebro en términos que pueden considerarse, al menos, en el Nivel que hemos señalado como 3: es un órgano

- con una función, pensar, reconocida por vía perceptiva (considerando "pensar" como actividad perceptiva, al modo que lo hace Crider).
- Pero además, el 70% lo relacionan con sentidos y movimiento, de modo que el cerebro puede ser considerado como un "contenedor" en el que sale y entra información. La información es en el caso del cerebro la "sustancia" que se desplaza; estaríamos en un Nivel 4 (ejemplos: paradigmas de los Alumnos nº 1 y 11, antes descritos).
 - En algunos casos del 70% anterior, cuando el cerebro "manda" la información parece actuar como agente activo de dicho proceso; sería una conceptualización de nivel 5 (por ejemplo, el paradigma del alumno nº 17, antes descrito)
 - Los nervios no han aparecido en las ideas del 50% de los niños como entidades morfológicas. No tienen, por tanto Nivel de conceptualización como tales, o se podrían considerar en el primer nivel, en el que función y estructura no se diferencian.
 - El otro 50% localiza unos elementos que denominan nervios y los relacionan con un "estado percibido"; corresponden pues a un Nivel 2 de conceptualización (como muestran, por ejemplo, los paradigmas de los alumnos nº 1 y 17 anteriores).

El nivel de diferenciación/integración de las ideas de los niños de tercero sobre el cerebro y los nervios no parece diferenciarse de su conceptualización del resto de los elementos internos del cuerpo humano que conocen. Su modo de referirse al cerebro es similar al del corazón o los pulmones. Muchos no diferencian nervios, pero tampoco conocen las venas o los intestinos.

¿Qué añade interpretar las ideas de los niños desde modelos mentales?

El análisis de los datos desde la perspectiva de los modelos mentales nos suministra la posibilidad de estudiar la coherencia del pensamiento del niño. Crider no se plantea si en un determinado Nivel de conceptualización el niño es coherente con sus propias ideas, sólo describe un determinado momento de diferenciación/integración de las conceptualizaciones explicitadas. Carey busca la coherencia de las ideas de los niños en relación a una teoría marco para explicar el comportamiento humano, en la que nuestra muestra no encaja bien.

Los datos suministrados por nuestros sujetos nos permiten interpretar sus explicaciones como si utilizaran modelos mentales, tanto para comprender situaciones como para explicar otras nuevas. En nuestro trabajo hemos analizado únicamente modelos mentales en relación al SN, pero pensamos que este constructo es útil para analizar también las representaciones relativas al resto de los órganos internos que los niños conocen, posibilidad que quedaba fuera de nuestra consideración en este momento.

En nuestro intento de tipificar los modelos mentales en relación al cerebro y los nervios hemos encontrado que no todas las ideas de los niños sobre estos elementos son constituyentes centrales de los modelos. Una determinada *topología*, a la que se atribuye una primera *función* en términos generales, y los *mecanismos* por los que ejecuta dicha función, parecen ser los constituyentes básicos del modelo; mientras que otros aspectos, como los tipos concretos de actividades en las que interviene, parecen ser consecuencia del mismo.

Desde esta perspectiva ha sido posible afirmar que:

- Los niños en preescolar poseen un esbozo muy simple de modelo mental sobre el cerebro, caracterizado por su localización y la función genérica de pensar; no aparecen modelos mentales de los nervios como entidades biológicas al no haber conceptualizado dichos componentes anatómicos.
- En tercero aparecen tres tipos de modelos mentales para el cerebro, que hemos denominado: *cognitivo*, *mecanicista* y *mixto*, y ha sido posible poner de manifiesto la consistencia de los niños en el uso de los mismos. El modelo mental de los nervios como entidades materiales está poco consolidado, ya que los niños de tercero poseen muy pocos conocimientos en relación a estos elementos corporales.

No conocemos estudios que hayan investigado las ideas de los niños o jóvenes sobre aspectos biológicos desde la perspectiva de los modelos mentales. Sin embargo, si han sido analizadas desde esta perspectiva las representaciones de los niños sobre la forma de la Tierra (Vosniadou, 1989). Esta autora ha descrito una serie de modelos mentales que se van haciendo más complejos a medida que aumenta la edad de los niños. Como en nuestro caso, junto a modelos muy

definidos aparecen otros intermedios con carácter sintético, semejantes al que nosotros hemos denominado mixto.

9.3.4- ¿Teorías intuitivas o tábula rasa?

Es este un momento oportuno para abordar la cuestión que Lawson (1988) plantea relativa a la adquisición de los conocimientos biológicos por los niños. ¿Construyen "teorías intuitivas" que evolucionan por conflicto cognitivo, o acumulan "conocimientos dogmáticos" procedentes de fuentes autoritarias?

En lo que se refiere al cuerpo humano, los datos de este estudio nos inclinan a considerar que los niños no construyen "teorías", en el sentido científico del término. En este aspecto parece acertada la consideración de Guidoni (1985) al señalar que:

"el sistema de pensamiento natural sobre el mundo no es una teoría consistente sobre el mundo"

y que es un error considerar que todo "pensar" es "teorizar", es decir construir teorías.

Por otro lado, el trabajo realizado con los niños desde preescolar a tercero de EGB pone de manifiesto que las ideas que expresan no responden a una repetición mecánica de cosas aprendidas de personas mayores, de la TV, o en el colegio.

Lawson argumenta con la poca probabilidad de que los niños construyan "marcos alternativos" de fenómenos de los que no poseen experiencia directa. Pensamos que en el caso del cuerpo humano, aunque los niños no posean experiencia directa de los procesos biológicos internos, poseen conocimientos sobre el cuerpo y su funcionamiento de los que Dreifus et al. (1990) tipifican como conocimientos ligados a experiencias, pero, la experiencia a la que se refieren no muestra nada del mecanismo interno del proceso. En estos casos, según los autores citados, los niños recurren a un pensamiento de sentido común cuando tienen necesidad de explicar ciertos fenómenos corporales.

En estos casos, más que hablar de "teorías o marcos alternativos" es cuando resulta útil el constructo de "modelo mental", tal y como han sido descritos en la

parte teórica de este trabajo. Esto es, de la creación por parte de los sujetos de modelos mentales internos como consecuencia de su interacción con la realidad. Recordemos que estos modelos mentales suelen ser (Norman, 1983, Johnson-Laird, 1985): incompletos, en cuanto que no representan toda la realidad; no son "científicos"; y su modo de ejecución y cantidad de información dependen de las cuestiones que el sujeto se plantea.

En el caso de los componentes del SN, cerebro y nervios, hemos podido *describir el pensamiento de cada niño en términos del modelo mental que parece utilizar para dar cuenta de las cuestiones que le planteamos sobre estos elementos*. La diversidad de modelos encontrados puede interpretarse desde los diferentes cuestionamientos y expectativas que se dan en los sujetos en relación a estos componentes. La confluencia de sujetos en la utilización del mismo modelo se debe, probablemente, a la base común de experiencia sobre los mismos.

Norman señala que el modelo mental de una persona debe reflejar sus creencias sobre el sistema, adquiridas bien por observación, instrucción o inferencia. En nuestro caso, el sistema de creencias de estos niños puede referirse a sus ideas sobre los diferentes sistemas, pero en el conjunto del cuerpo humano.

De hecho, el modelo mental del cerebro más frecuente en la muestra -el cognitivo- está en la misma línea de las ideas más frecuentes sobre otros sistemas corporales en los mismos niños: a un órgano le corresponde una función expresada de modo global y poco diferenciada. El modelo mental más complejo -el mecanicista- está menos representado en la muestra, y ocurre que alguno de los niños que lo utiliza (Alm. Nº17, por ejemplo) coincide con tener también ideas más complejas sobre otros sistemas corporales, como el digestivo o el respiratorio.

Se requieren estudios posteriores para poner de manifiesto cuál sea el sistema de creencias más amplio que el propio sistema (posiblemente sobre el cuerpo humano), que influye en la determinación de los diferentes modelos mentales de los niños.

10. CONCLUSIONES PARCIALES

Al comienzo de esta parte del trabajo planteábamos unos objetivos que daban origen a una serie de cuestiones a las que ahora podemos responder como conclusiones relativas a las ideas de estos niños de preescolar y tercero sobre el cuerpo humano y el SN. Recordaremos de nuevo cada objetivo para señalar a continuación las conclusiones.

Objetivo 1º. Describir las ideas de los niños relativas al interior del cuerpo humano, antes de iniciar la escolaridad obligatoria. Esta descripción deberá responder a los interrogantes siguientes:

- a. ¿Qué piensan los niños que hay en el interior del cuerpo?*
- b. ¿Qué características (materiales y funcionales) atribuyen al contenido del cuerpo?*
- c. ¿Tienen alguna concepción que podamos denominar "embrionaria" de lo que en la instrucción se presentará como SN?*

- Antes de iniciar la escolaridad obligatoria, más del 75% de los preescolares de esta muestra reconocen espontáneamente en el interior del cuerpo el corazón, el cerebro y los huesos. Los representan como elementos sueltos, con formas prototípicas fácilmente reconocibles.

Otros elementos representados con frecuencias menores (entre el 10% y el 25%) son tubos y bolsas que corresponden a tramos del digestivo y a las venas (Tabla 8.1 y Figuras 8.1, 8.2 y 8.3).

No se da en estos niños la situación referida por otros estudios de conceptualizar el contenido del cuerpo en términos de lo que ven entrar y salir de él: comida y sangre.

- Estos preescolares dicen no saber de qué están hechos los órganos internos que conocen: no les atribuyen una composición homogénea de carne, sangre, piel y huesos, como refieren otros trabajos más antiguos.

- Respecto a la atribución de funciones a los órganos que conocen, el 80% atribuye al cerebro el "pensar", con un matiz marcadamente intelectualista y, para el resto de los órganos, la situación es variada:
 - un 65% señala que los huesos son para mover el cuerpo;
 - un 46% atribuye al corazón el mantener la vida;
 - un 24% dice que los tubos y bolsas son para la comida, o para que circule la sangre.

Los que no señalan una función específica dicen no saber para qué son estos órganos; les basta saber que existen y su localización.

- Del SN los preescolares conocen el cerebro, que es el órgano interno más representado por la muestra, y le atribuyen la función de pensar. Los nervios son para estos niños un estado emocional: no tienen entidad material.

Tanto la concepción de la función del cerebro como la idea de los nervios son, probablemente, el resultado de la transmisión social fuertemente condicionada por el uso del lenguaje común.

- El conjunto de las ideas de los preescolares de esta muestra sobre el interior del cuerpo humano corresponde a un estado de diferenciación de pocos elementos internos sin práctica integración estructura-función.

Los niños no se cuestionan espontáneamente sobre la función de los órganos que conocen en el funcionamiento corporal: les basta con señalar su existencia y localización. Cuando se les pregunta, dependiendo de qué órgano se trate:

- a) dicen no saber para qué son; o
- b) les adjudican una sola función, bien en términos muy genéricos (mantener la vida), o en términos de acciones perceptibles (mover).

Objetivo 2º: *Analizar qué tipo de razones dan los preescolares para explicar actividades corporales básicas. Se pretende poner de manifiesto si los niños refieren estas actividades en términos de partes corporales y mecanismos (términos biológicos), o recurren a explicaciones de comportamientos personales (términos psicológicos) como señala Carey. Se trata de responder a las preguntas siguientes:*

- d. *¿Cómo explican los niños acciones relativas a los sentidos y al movimiento?*

e. ¿Qué tipos de explicaciones dan para actos mentales y cognitivos?

- Estos preescolares justifican actividades senso-motoras familiares atribuyéndolas a órganos internos y partes corporales que conocen, a las que consideran como causa y agente de las mismas: pueden ver, oír, etc. porque tiene ojos, oídos, etc., y moverse porque tienen huesos.
No sobrepasa el 15% los que recurren a causas de tipo intencional para explicar este tipo de acciones corporales(pueden moverse porque les gusta bailar, por ejemplo). (Cuadros 8.5 y 8.6)
- No son capaces de describir mecanismos por los que las partes del cuerpo realizan las acciones; basta que existan para que la actividad se realice.
- Las actividades mentales se le atribuyen siempre al cerebro, bajo la forma de pensar.
- Los sentimientos los explican en términos de circunstancias externas, recurren a una causalidad de tipo intencional, sin que involucren ningún órgano o parte del cuerpo.

Objetivo 3º- *Describir las ideas de los niños sobre el cuerpo humano, cuando están en 3º de EGB. Esta descripción deberá responder a los interrogantes siguientes:*

- f. Si hay un aumento de los conocimientos sobre el cuerpo humano en relación a preescolar, ¿se refieren únicamente a los que presenta la instrucción o también a otros?*
- g. Si hay cambios en las ideas respecto a preescolar, ¿cómo son estos cambios?*

- Cuando los preescolares de la muestra llegan al final de tercero, han duplicado en nº medio de ítems internos que dibujaban cuando eran pequeños (Tablas 9.6 y 9.7 y Dibujos 9.3 y 9.4). Dibujan los órganos del tronco como formas redondeadas inconexas y diferencian bien los órganos pares de los impares.
Durante la entrevista, cuando explican la función de los órganos dibujados, establecen conexiones entre ellos y con otras partes corporales. Lo hacen dibujando tubos por los que tiene que circular el aire, la comida, o información

según el órgano en cuestión. Es el primer esbozo de "sistema" corporal que aparece en las ideas de los niños.

- La influencia de la instrucción (Locomotor) se pone de manifiesto en el hecho de que el 50% de los items internos que dibujan son huesos (muchos con sus nombres específicos), en la aparición de los músculos entre los items más representados, y en señalar que el cerebro está relacionado con los sentidos.

También aparecen nuevos órganos internos que no fueron objeto de la instrucción (pulmones, intestino, estómago, etc.).

Los niños siguen afirmando no saber de qué están hechos los órganos internos.

- Al finalizar 3º, los niños atribuyen una función a cada órgano que conocen. La expresan, en primer término, de modo global; pero cuando se les pide que la expliquen la mayoría lo hace en relación al desplazamiento de algún fluido a través de canales y contenedores (los órganos). Al corazón, sin embargo, le siguen atribuyendo la función genérica de "mantener la vida" sin relación con la circulación.

- En relación al SN: todos localizan el cerebro y le atribuyen la función de pensar, pero un 50% relaciona además al cerebro con los sentidos y/o el movimiento; no obstante, esta segunda función se reduce en la mayoría de los casos al soporte cognitivo de estas actividades.

El 40% de los niños de 8-9 años señalan la existencia de tubos por los que circula información, a la que atribuyen diferentes tipos de naturaleza, entre el cerebro y partes del cuerpo.

Los nervios siguen siendo para el 50% de los niños un estado emocional. El 50% que señala que son elementos del cuerpo no sabe localizarlos y les atribuyen la función de "ponerte nerviosa". Nunca los identifican con los tubos anteriores.

- En términos generales se puede señalar que, al finalizar 3º de EGB, los niños han diferenciado un mayor número de elementos corporales internos; les atribuyen una función específica, pero expresada de modo muy global. Están en un momento de activa diferenciación, pero con escasa integración.

No obstante, aparecen indicios de un nivel de integración elemental estructural-función, en términos de desplazamiento de ciertos "materiales"; y en algunos casos incluso de transformaciones sencillas de estas sustancias circulantes.

Esta integración se debe a la aparición de unos esbozos muy simples de "sistemas internos" relacionados con ciertos órganos, que aparecen en el discurso de los niños de esta edad cuando se les pide que expliquen cómo llevan a cabo su función dichos órganos.

Se constata, como en otros trabajos, que existe variabilidad entre las ideas de los niños sobre un mismo tema. De igual manera se pone de manifiesto que la complejidad de las ideas de un mismo niño sobre diferentes órganos internos es también de niveles diversos.

- Las ideas de estos niños sobre el cuerpo humano parecen tener su origen, además de en la instrucción directa, en la interacción de los conocimientos adquiridos por observación de actividades corporales cotidianas, la indagación sobre el propio cuerpo, y la transmisión social.

Objetivo 4º- Analizar cómo dan cuenta los niños de 3º de las mismas actividades corporales que se indagaron cuando eran preescolares. Las cuestiones a resolver se refieren:

- h. ¿Cómo explican los actividades sensitivas, motoras y afectivas, antes de estudiar los temas relativos a los sentidos y al sistema locomotor?*
- i. ¿Cómo influye la información que les proporciona la instrucción en las explicaciones anteriores?*

- Al comienzo de 3º, los niños explican las acciones senso-motoras atribuyéndolas a partes del cuerpo que conocen: los órganos de los sentidos y los huesos, respectivamente (Cuadros 9.1 y 9.2).

La diferencia con las ideas que expresaban en preescolar estriba en que ahora son capaces de describir algún tipo de "mecanismo" para dar cuenta de cómo se llevan a cabo dichas acciones.

Los mecanismo más invocados son, en realidad, "pseudo mecanismos" que describen el resultado de la actividad; pero junto a estos, aparecen casos de mecanismos muy elementales que suponen la intervención del cerebro en las

acciones senso-motoras, y unas maneras determinadas de establecer las relaciones del cerebro con las partes corporales implicadas.

Los sentimientos siguen siendo explicados por todos los niños en términos intencionales, como en preescolar, pero ahora un 50% los relacionan con el corazón o el cerebro.

- Tras la instrucción, en la que se trabajan los sentidos y el locomotor, las variaciones en las explicaciones de las actividades senso-motoras se refieren a una mayor intervención del cerebro en las primeras.

En relación a la actividad de los sentidos, se duplica el número de frecuencias de los mecanismos que involucran al cerebro; pero no nombran nunca los nervios, que también aparecían en los materiales de trabajo.

En el movimiento, las ideas se mantienen como al comienzo de curso: los niños siguen atribuyendo el movimiento a los huesos y no a los músculos y un 50% relaciona de algún modo el cerebro con el movimiento del cuerpo.

- Algunos conocimientos de los niños sobre la relación del cerebro con las actividades corporales, permiten plantear la hipótesis de que recurran a un tipo de razonamiento analógico implícito, para dar cuenta de aspectos que le son poco conocidos.

Objetivo 7º: *Analizar si las ideas de los niños sobre el SN (cerebro, nervios) se pueden interpretar desde la perspectiva de los modelos mentales. Se trata de documentar las cuestiones siguientes :*

- p. Las representaciones personales de los niños de preescolar y 3º de EGB ¿se pueden considerar como modelos mentales?*
 - q. En caso afirmativo, ¿qué elementos constituyen los modelos mentales?*
 - l. ¿Cómo evolucionan los modelos mentales de estos niños desde preescolar a 3º de EGB?*
- La interpretación de las ideas de los niños desde la perspectiva de los modelos mentales tiene como objetivo indagar si el pensamiento de sentido común sobre el SN tiene coherencia interna o son ideas inconexas.

- El análisis realizado pone de manifiesto que es posible describir modelos mentales en los niños con las características siguientes:
 - No todas las ideas de los niños sobre el cerebro y los nervios son elementos constituyentes de los modelos mentales sobre los mismos.
 - Los elementos básicos que delimitan los modelos mentales son: *la topología del sistema* (componentes anatómicos, su localización y relaciones), *la función general* atribuida a dicho sistema y *el mecanismo de ejecución* por el que el sistema funciona para llevar a cabo su función en situaciones concretas.
 - Otras ideas relativas al cerebro y los nervios son consecuencia del modelo mental y deben ser consistentes con el mismo.
 - Los modelos mentales del SN reflejan las creencias de los niños sobre el interior del cuerpo humano y su funcionamiento.
- Desde la perspectiva de los modelos mentales, la situación de los niños cuando están en preescolar, antes de que medie ninguna instrucción sobre el cuerpo humano, se puede resumir del modo siguiente:
 - No existe modelo de "sistema" nervioso; los niños de esta edad conceptualizan el cerebro como un órgano "suelto", al igual que el resto de los órganos internos que conocen.
 - Las ideas de los preescolares de la muestra sobre el cerebro no conforman modelos mentales definidos, pero sí esbozos de un modelo muy simple caracterizado por su localización y la atribución de una función muy restringida.
 - Los nervios son, para estos niños, estados emocionales; no aparecen en sus ideas esbozos de ninguno de los elementos constituyentes del modelo mental, tal y como se han señalado. El modelo de nervios en estos niños no corresponde al de unos elementos materiales del cuerpo, es de otras características
- La situación de las ideas de estos niños sobre el cerebro y los nervios cuando están en 3º de EGB es la siguiente:

Al inicio de tercero:

- No han conceptualizado ninguna relación cerebro-nervios, siguen siendo elementos independientes, aún cuando se adjudica a los nervios entidad material. Sin embargo aparecen, con frecuencia muy baja, los primeros indicios de un

"sistema" elemental constituido por el cerebro, unos conductos y ciertos elementos circulantes, que relacionan el cerebro con diferentes partes del cuerpo.

- En lo que se refiere al cerebro: cada niño tiene una representación del mismo que ahora se puede caracterizar por una topología, una función y un mecanismo de ejecución determinados. En torno a estos elementos se han podido tipificar en la muestra tres modelos mentales que hemos denominado cognitivo, mecanicista y mixto (Tabla 9.2).

- Las ideas de cada sujeto son internamente coherentes en la integración de los tres elementos que conforman su modelo, y consistentes en la utilización del mismo para predecir y explicar el comportamiento del cerebro en nuevas situaciones.

- En lo que se refiere a los nervios, la mitad de los niños siguen manteniendo el mismo concepto de nervios que en preescolar, y la otra mitad, que le conceden entidad material, comienza a esbozar algunos de los elementos del modelo, pero sin configurarlo (Tabla 9.2).

Al final de tercero:

- Los modelos mentales sobre el cerebro que se dan en la muestra no varían, tan sólo un niño cambia de un modelo a otro (Tabla 9.11).

- Tampoco hay cambios notables en las ideas de los niños sobre los nervios (Tabla 9.12)

PARTE IV

LAS IDEAS DE LOS PRE-ADOLESCENTES
SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO
Y LA INFLUENCIA DE LA INSTRUCCION

11. ASPECTOS METODOLOGICOS	307
11.1 - Objetivos del trabajo	307
11.2 - Recogida de datos	308
11.3 - Análisis de los datos	310
11.3.1- Desarrollo de las redes de contenido	311
- Primer grupo de redes: Cómo son el SN y sus componentes	311
- Segundo grupo de redes: Actividades y funciones	315
- Tercer grupo de redes: Mecanismos de funcionamiento	319
11.3.2- Tratamiento de las entrevistas. Modelos mentales	328
12. LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS SOBRE EL SN ANTES DE LA INSTRUCCION	329
12.1- Ideas más frecuentes sobre el cerebro, los nervios y el SN	330
12.1.1- Cómo son el cerebro los nervios, y el SN	330
El cerebro	330
Los nervios	331
El SN	337
12.1.2- Actividades y funciones del cerebro, los nervios y el SN	339
Actividades/funciones del cerebro	339
Actividades/funciones de los nervios	342
Funciones del SN	344
12.1.3- Mecanismos de funcionamiento	346
Soportes	346
Mecanismos	348
Mensajes	351
12.2- Modelos mentales del SN	354
12.2.1- Los componentes de los modelos mentales	355
La topología del sistema	355
La función del SN	359
Mecanismos de ejecución	363
12.2.2- Caracterización de los modelos mentales. La coherencia interna de los modelos personales	370
12.2.3- La consistencia de los modelos mentales personales	372
Tipos de restricciones	377
12.3 - Síntesis y discusión: las ideas adquiridas antes de la instrucción	385
12.3.1- Diferenciación/integración de las ideas sobre el SN	385
Síntesis de las ideas sobre el SN	385
Diferenciación/integración de los conocimientos	388
12.3.2- Aproximación a los modelos mentales sobre el SN	389
12.3.3- Una estructura general para los sistemas corporales	392
12.3.4- Un mecanismo de razonamiento analógico	393

13. LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS SOBRE EL SN DESPUES DE LA INSTRUCCION.....	397
13.1- Ideas más frecuentes sobre el cerebro, los nervios y el SN.....	398
13.1.1- El cerebro, los nervios y el SN tras la instrucción.....	399
El cerebro.....	399
Los nervios.....	405
El SN.....	406
13.1.2- Actividades y funciones del SN tras la instrucción.....	412
Actividades/función del cerebro.....	412
Actividades/función de los nervios.....	414
Funciones del SN.....	414
13.1.3- Mecanismos de funcionamiento del SN tras la instrucción.....	415
Soportes.....	415
Mecanismos.....	415
Mensajes.....	417
13.2 - Modelos mentales del SN: cambios tras la instrucción.....	418
13.2.1- Modelos topológicos del SN.....	419
13.2.2- Modelos sobre el funcionamiento del SN.....	425
13.2.3- Modelos sobre el mecanismo de ejecución del SN.....	428
13.2.4- Caracterización de los modelos mentales y coherencia interna de los modelos personales.....	433
13.2.5- La consistencia de los modelos personales.....	437
13.3- La representación del SN y otros sistemas corporales internos.....	441
13.3.1- Los dibujos sobre el SN.....	441
13.3.2- Representación de otros sistemas corporales.....	444
13.4- Síntesis y discusión: las ideas sobre el SN tras la instrucción.....	448
13.4.1- Diferenciación/integración de los conocimientos.....	448
13.4.2- Variaciones en los modelos mentales.....	450
13.4.3- Influencia del pensamiento analógico.....	451
13.4.4- El SN en el contexto de otros sistemas corporales.....	454
14. LA INSTRUCCION: MODELO CONCEPTUAL DEL SN E INTENCIONALIDAD INSTRUCTIVA.....	457
14.1- El análisis de la instrucción.....	457
14.2- Recogida de datos.....	458
14.3- Modelo Conceptual de SN propuesto por la instrucción.....	459
14.3.1- Tipos y estructuras del contenido en los manuales de los alumnos.....	461
14.3.2- Otros elementos textuales que configuran el MC.....	467
14.3.3- ¿Cómo se introdujo el tema a los alumnos?.....	474
14.4- Intencionalidad instructiva.....	477
14.4.1- Contenidos principales del tema.....	477
14.4.2- Dificultades en el aprendizaje del MC.....	480
14.4.3- Observaciones sobre la intencionalidad didáctica y dificultades de aprendizaje de los alumnos.....	481
14.4.4- La demanda cognitiva de las actividades de aprendizaje propuestas.....	489
14.5- El MC de la instrucción y el aprendizaje de los alumnos.....	491
15. CONCLUSIONES PARCIALES.....	1

11. ASPECTOS METODOLOGICOS

11.1 - Objetivos del trabajo

La finalidad del trabajo con los alumnos de 7º/8º de EGB es documentar sus ideas sobre el SN antes y después de la instrucción. Durante los cursos de 4º, 5º, 6º y 7º ha tenido lugar la instrucción relativa a los principales sistemas del cuerpo humano, a excepción de los sistemas nervioso y hormonal, que se tratan en 8º de EGB.

El escoger este momento de la escolaridad nos permite analizar, en primer lugar, los cambios en las ideas de los alumnos sobre los componentes y funcionamiento del SN después de varios cursos de estudio de biología humana, pero sin que influya la instrucción formal sobre el mismo. En segundo lugar, cabe analizar si existe alguna influencia de los conocimientos adquiridos sobre el cuerpo humano en el modo en que los alumnos piensan sobre el SN.

De los objetivos y cuestiones planteadas en el capítulo 4, las siguientes corresponden a esta parte del trabajo.

Objetivo 5º. Describir las ideas de los alumnos de 7º de EGB sobre el SN, antes de la instrucción sobre el mismo. Esta descripción deberá responder a las cuestiones siguientes:

- j- *¿Cuales son las ideas de los alumnos sobre el cerebro y los nervios antes de la instrucción sobre el SN?.*
- k- *Los conocimientos sobre el cuerpo humano, adquiridos durante los cursos anteriores ¿parecen haber influido en la conceptualización actual de los alumnos sobre el cerebro, los nervios y sus funciones?; si lo hacen, ¿ en qué modo influyen?*

Objetivo 6º. Analizar la influencia de la instrucción sobre el SN en las ideas de los alumnos de 8º de EGB. Este análisis debe dar respuesta a estas cuestiones:

- l- ¿Qué cambios se producen en las ideas de los alumnos después de la instrucción?
- m- ¿Qué modelo conceptual del SN se propone en la instrucción?
- n- ¿Adquieren los estudiantes el modelo conceptual del SN propuesto en la instrucción?
- o- El nivel de diferenciación/integración de los conocimientos de estos alumnos sobre el SN, ¿se corresponde con el de otros sistemas corporales?

Objetivo 7º. Analizar si las ideas de los alumnos sobre el SN se puede interpretar desde la perspectiva de los modelos mentales. Se trata de documentar las cuestiones siguientes:

- p- Las representaciones de los alumnos de 7º/8º, ¿ se pueden considerar como modelos mentales?
- q- En caso afirmativo, ¿qué elementos constituyen los modelos mentales ?

11.2 - Recogida de datos

La muestra la forman 65 alumnos de dos cursos, 40 del mismo centro que los de preescolar y 3º y 25 de un centro público. El nivel socio-económico de este nuevo centro es un poco más bajo que el del colegio privado que venimos utilizando.

La selección de un nuevo centro para este estudio tiene como objetivo la posible detección de diferencias significativas en los alumnos debidas a la influencia de la instrucción en cada centro. Estas diferencias podrían encontrarse: a) antes de la instrucción y entonces serían imputables a la influencia de, al menos, dos factores: el socio-familiar y el estilo de enseñanza de las ciencias en cada centro durante la EGB; b) sólo después de la instrucción, y entonces habría que

indagar la causa en la instrucción específica sobre el SN en cada centro: y, c) en ambos momentos.

10 alumnos de cada centro, fueron objeto de un seguimiento a través de entrevistas. La selección la realizaron las profesoras respectivas, con el único requerimiento de que fueran alumnos que no suspendían las ciencias.

La instrumentación para la recogida de datos se aplicó como quedó indicada en el capítulo 6.

La **entrevista sobre el SN** tenía, como ya se ha descrito, una parte sobre situaciones y otra sobre ejemplos.

La *entrevista sobre situaciones* estuvo mediada por una serie de tarjetas (Anexo 1) que representaban los actos de: ver un bote, darle una patada y lastimarse el pie. A la vez que que los alumnos explicaban cómo funciona su cuerpo en estas situaciones, debían ir realizando dibujos de lo que ocurre. Esta entrevista se realizó a los niveles descriptivos-explicativos ya señalados. En el transcurso de la entrevista se pidió a los alumnos que dibujaran, en una silueta del cuerpo humano que se les proporcionó, los elementos del SN que iban mencionando.

La *entrevista sobre ejemplos* se realizó al final de la entrevista anterior y para ella se utilizaron 14 tarjetas que representaban actividades corporales diferentes, sobre las que se repetía siempre la misma pregunta: ¿se necesita aquí la intervención del SN?. Sólo había que contestar sí o no y después justificar brevemente por qué se creía así. Los actos representados cubrían una amplia gama de ejemplos y algunos no ejemplos. Se referían a:

- * Sentimientos
- * Sentidos
- * Movimientos
 - reflejos externos (ej.: parpadeo)
 - movimientos de órganos internos (ej.: latido normal y más rápido)
 - movimientos voluntarios (ej.: dar patada a balón)
- * Actos complejos (ej.: escribir)
- * Procesos internos (ej.: filtrado de sustancias en el intestino)
- * Funcionamiento de órganos internos no perceptibles (en post-instrucción)

Esta entrevista se llevó a cabo con los 20 niños seleccionados al final del curso anterior a la instrucción sobre el SN, y de nuevo seis meses después de la instrucción.

31 niños, de ambos centros, realizaron **dibujos** sobre el contenido del cuerpo al finalizar el curso escolar. Estos dibujos nos permiten: por un lado, verificar en una muestra mayor el estado de los conocimientos anatómicos de los alumnos sobre el SN, y comparar la representación de este sistema con otros sistemas corporales; y, por otro, nos servirán de términos de comparación con otros estudios sobre estos otros sistemas realizados en muestras similares.

11.3 - Análisis de los datos

Las entrevistas se analizaron dos veces, desde dos puntos de vista.

En primer lugar se llevó a cabo un análisis al nivel de categorías: la parte de la entrevista que hemos denominado "sobre situaciones", se analizó a través de redes sistémicas para buscar el rango de ideas específicas sobre el SN. La parte de la entrevista "sobre ejemplos" se tabuló a nivel de cada una de las acciones para poner de manifiesto la intervención/no intervención del SN. Este tipo de análisis pone de manifiesto las ideas de los alumnos y sus frecuencias en la muestra.

En segundo lugar se realizó un análisis a nivel de sujetos: se especificaron los paradigmas de cada alumno en el contexto de las redes y se tabularon las respuestas personales a la entrevista "sobre ejemplos". Este enfoque nos permite detectar la existencia de posibles modelos mentales en los alumnos, y su frecuencia en la muestra.

Los dibujos sobre el cuerpo se estudiaron teniendo en cuenta una serie de indicadores tales como la presencia/ausencia de órganos, conexiones y secuencias.

11.3.1- Desarrollo de las redes de contenido

La red estratégica que se desarrolló sobre las entrevistas de los alumnos de 7º/8º (Capítulo 6, Cuadros 6.4 y 6.5) nos permitía, como señalamos en su momento, la entrada a tres tipos de redes de contenidos (Cuadro 6.7): uno sobre la **arquitectura** del SN y sus componentes; otro relativo a sus **actividades/funciones**; y un tercero sobre los **mecanismos** de funcionamiento de estos componentes en actividades corporales determinadas, como son el movimiento y los sentidos.

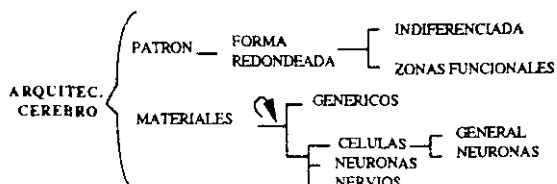
Las redes cuyo desarrollo se relata a continuación corresponden a los contenidos específicos de las entrevistas pre-instrucción. En la post-instrucción se utilizaron los mismos grupos de redes, pero realizando los ajustes de categorías requeridos por las variaciones en las ideas expresadas por los alumnos. Dejamos la descripción de los cambios que es necesario introducir tras la instrucción para su capítulo correspondiente, con el fin de no alargar la presentación del desarrollo de las redes en este momento.

Primer grupo de redes: Cómo son el SN y sus componentes
(Cuadros 11.1a, 11.1b, y 11.1c).

En las conversaciones de los niños y en sus dibujos, se encuentran referencias sobre la naturaleza y estructura del cerebro y los nervios, así como sobre los componentes que ellos consideran formando parte del SN. Se han desarrollado tres redes, una para el cerebro, otra para los nervios y una tercera para el SN, que hemos agrupado bajo el epígrafe común de **ARQUITECTURA**, porque tratan de las "formas" y "materiales" de estos elementos corporales.

La red sobre la **ARQUITECTURA** del **CEREBRO** puede expresarse con sólo dos categorías **PATRON** y **MATERIALES**, ya que los niños no se refieren nunca a piezas o partes que puedan componer el cerebro, al que consideran como una estructura más bien unitaria (Cuadro 11.1a).

Cuadro 11.1a- Red sobre la arquitectura del cerebro



> El PATRON atribuido al cerebro suele ser: Una FORMA REDONDEADA . Al referirse a él lo consideran:

- > como un todo funcional INDIFERENCIADO; o bien señalan que
- > el cerebro tiene partes dedicadas a diferentes cosas, ej.: *"una parte para lo del gusto, otra para el oído, etc."*, *"la parte de almacenar cosas, la del movimiento"*, pero no las localizan topográficamente; hemos designado esta categoría como ZONAS FUNCIONALES.

> Los MATERIALES que constituyen el cerebro se pueden recoger en las categorías siguientes:

- > GENERICOS. carne, sustancia blandita, sesos.
- > CELULAS en sentido GENERAL. o especificando que se trata de NEURONAS;
- > en ocasiones hablan de NEURONAS pero no asociadas a células, sino a algún tipo de estructura cerebral; ej.: *"las neuronas son como los jefes, los que actúan, los que mantienen el cerebro"*;
- > finalmente algunos niños dicen que el cerebro está hecho de NERVIOS.

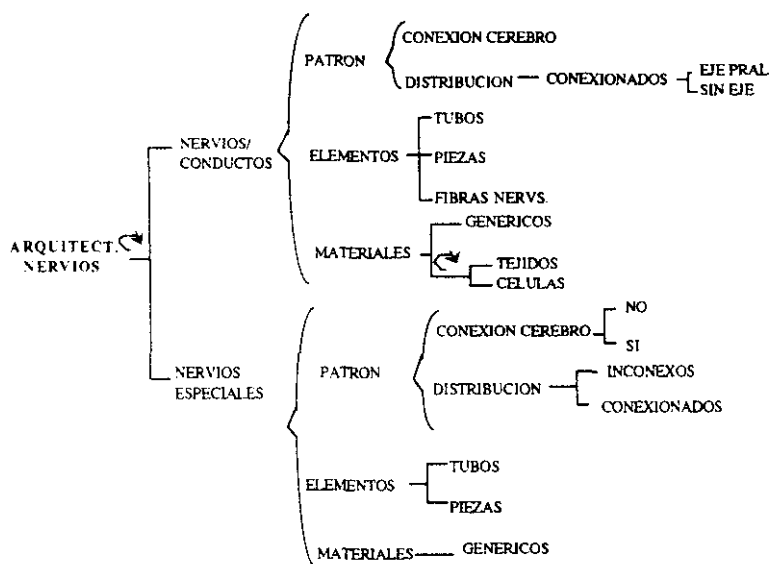
Delante de la categoría MATERIALES se coloca una recursión porque los niños pueden nombrar más de un material al decir de qué está hecho el cerebro.

La red ARQUITECTURA de los NERVIOS presenta las ideas de los alumnos sobre dónde están, cómo son y de qué están hechos. Para ello se han considerado tres categorías: PATRON, ELEMENTOS y MATERIALES. Pero, en las entrevistas nos encontramos con la siguiente situación: una parte de los alumnos de ambos centros se refieren a los nervios como los elementos anatómicos que funcionan de vías transmisoras del cerebro para realizar las actividades corporales investigadas, pero otros estudiantes denominan a estas

estructuras "conductos o tubos" y las diferencias de otras que denominan "nervios" del SN.

Para dar cuenta de estas diferencias en el tramo de la red correspondiente a los nervios se desarrollan dos categorías de entrada: CONDUCTOS/NERVIOS y NERVIOS ESPECIALES. Son categorías alternativas, pero llevan una recursión porque hay alumnos que plantean las dos estructuras. La red queda como indica el Cuadro 11.1b.

Cuadro 11.1b- Red sobre la arquitectura de los nervios



> PATRON corresponde a las imágenes de los alumnos sobre la localización de estos elementos en el cuerpo. Este aspecto se observa bien en los dibujos realizados, y pueden considerarse dos sub-categorías:

> CONEXION CON EL CEREBRO

los "nervios/conductos" aparecen siempre conectados -SI-;

los "nervios especiales" pueden considerarse CONECTADOS al CEREBRO, o NO CONECTADOS con él.

> DISTRIBUCION que se refiere al modo de estar repartidos por el cuerpo. Las sub-categorías de este grupo dan cuenta del modo en que se representan estos elementos, de manera que:

los "nervios/conductos" aparecen siempre

> CONEXIONADOS entre ellos de dos maneras: a través de un EJE PRINCIPAL que recuerda a la médula espinal, o SIN EJE.

los "nervios especiales" pueden aparecer:

> INCONEXOS, como hilos o piezas sueltas esparcidas por el cuerpo; o

> CONEXIONADOS entre ellos de modos diversos.

> ELEMENTOS. otra categoría considerada, pone de manifiesto cuales son las unidades básicas que forman los nervios/conductos y los especiales. Al pedirles a los niños que representen lo que verían si observarían un trocito de nervio al microscopio aparecen estas imágenes :

Los nervios/conductos siempre se representan como:

> TUBOS. que considera HUECOS o SOLIDOS, o como

> FIBRAS NERVIOSAS;

Los nervios especiales aparecen como:

> TUBOS.

> PIEZAS no tubulares.

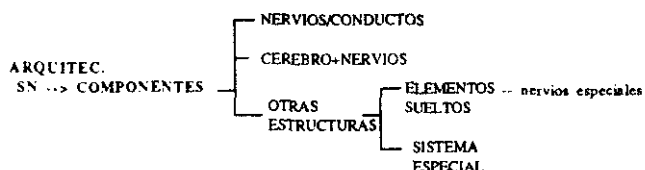
> La tercera categoría, MATERIALES, representa las ideas de los alumnos sobre la naturaleza de estos elementos:

> Cuando la explican en términos de "*son de carne*", "*son de una masa blanda*", etc. se recogen en la categoría GENERICA;

> cuando concretan más de qué son los nervios se refieren a TEJIDOS o CELULAS o nombran ambos .

La red que pone de manifiesto la ARQUITECTURA del SN puede reducirse a la que describe cuáles son sus COMPONENTES . Entre los niños se dan distintas concepciones sobre qué elementos constituyen el SN (Cuadro 11.1c).

Cuadro 11.1c. Red sobre la arquitectura de los nervios



- > Unos señalan que el sistema nervioso son únicamente los NERVIOS/o CONDUCTOS, a los que se han referido al explicar las acciones sensoriales y el movimiento; tiene por consiguiente su misma arquitectura.
- > Otros piensan en el sistema nervioso como formado por el CEREBRO y los (+) NERVIOS; tiene por tanto el mismo patrón, elementos y materiales que han descrito para ellos.
- > Se encuentra también en los relatos un sistema nervioso formado por OTRAS ESTRUCTURAS diferentes del cerebro y los nervios citados. Estos componentes pueden ser:
 - > ELEMENTOS SUELTOS, que suelen ser nervios especiales, diferentes de los descritos para los sentidos y el movimiento; o
 - > un SISTEMA ESPECIAL que puede estar constituido por un conjunto de tubos unidos a algún órgano como el corazón, u otro inventado; o formar una capa continua bajo la piel, etc.

- Segundo grupo de redes: Actividades y funciones
(Cuadros 11.2a, 11.2b y 11.2c)

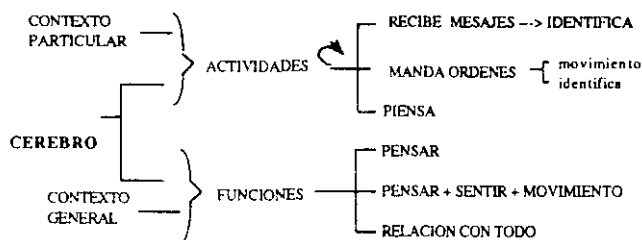
Los alumnos se refieren a lo que hacen el cerebro y los nervios en dos contextos diferentes: uno de carácter particular, cuando explican la realización de actos corporales concretos que se les plantean durante la entrevista, y otro cuando se les pregunta por las funciones de estos elementos en el cuerpo de modo general. Esto nos permite utilizar las categorías PARTICULAR y GENERAL de CONTEXTO de la red estratégica, como condiciones restrictivas de entrada para establecer las dos categorías principales de estas redes de contenido del cerebro y los nervios: ACTIVIDADES y FUNCIONES.

La categoría **ACTIVIDAD** recoge los comentarios sobre la actuación del cerebro o los nervios en las situaciones particulares que se les plantean en la entrevista, es decir: cuando se vé un objeto, se mueve una pierna y se siente dolor.

La categoría **FUNCIONES** recoge las respuestas que se dan a las preguntas: ¿cómo explicarías qué funciones realiza el cerebro en el cuerpo humano?, y ¿cuál crees que es la función de los nervios?

La red del **CEREBRO** se puede entonces desarrollar el modo siguiente.

Cuadro 11.2 a- Red sobre actividad y funciones del cerebro



> las **ACTIVIDADES** que le atribuyen al cerebro en las diversas situaciones planteadas son variadas. Se habla de que el cerebro "*recibe la idea del bote*", "*identifica el objeto*", "*manda que se realice el movimiento*", "*piensa*", etc. Todas estas expresiones pueden agruparse en tres aspectos, que constituyen otras tantas actividades del cerebro.

> Muchos de los comentarios en los que el cerebro percibe o identifica cosas, están asociados a la idea de que este reconocimiento requiere la llegada al cerebro de algún tipo de señales o mensajes que él es capaz de entender. Esta actividad se ha considerado en la categoría denominada **RECIBE MENSAJES**.

> En otras ocasiones los niños dicen que el cerebro "manda una orden para..."; hemos recogido esta actividad en la categoría **MANDA ORDENES**. Las órdenes pueden ser para realizar cosas diversas, como : movimientos, la gran mayoría de los niños dicen que el cerebro manda una orden para realizar tal o cual movimiento. Otros indican que el cerebro tiene

que mandar una orden a una parte del cuerpo para que esta se dé cuenta de algo; por ejemplo : el cerebro manda una orden al ojo y vé el bote; o el cerebro manda una orden y el pié se da cuenta de que se ha hecho daño;

- > PIENSA recoge todas las actividades del cerebro referidas en términos mentales, sin relación a órdenes ni mensajes; por ejemplo: el cerebro lo piensa y el pié le dá la patada; el cerebro piensa lo que quieres escribir.

La recursión de entrada a la red de las ACTIVIDADES del cerebro indica que es necesario entrar varias veces en la red para dar cuenta de las diversas actividades que un alumno le atribuye al cerebro.

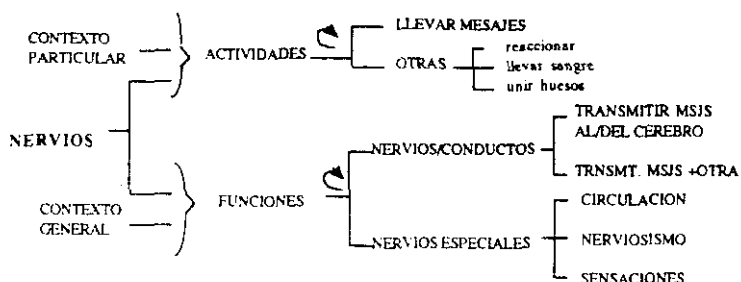
Dar cuenta de las FUNCIONES que se le atribuyen al cerebro en términos generales nos llevó a establecer tres categorías, cada una de las cuales representa una forma de expresar las funciones del cerebro. La designación de cada categoría pone de manifiesto las funciones atribuidas conjuntamente. Estas categorías son:

> FUNCIONES

- > PENSAR: se le atribuyen al cerebro sólo funciones cognitivas; por ejemplo: *"el cerebro es para pensar lo que tienen que hacer los músculos y para cuando se te ocurren ideas, y para aprender, y para saber lo que ves"*
- > PENSAR + SENTIR + MOVER; se relaciona al cerebro con aspectos cognitivos, con los sentidos y con el movimiento; por ejemplo: *"el cerebro es para pensar , para los sentidos y para que puedas mover el cuerpo"*
- > TODO LO DEL CUERPO: recoge los comentarios que manifiestan que del cerebro depende *"todo"* lo que pasa en el cuerpo, aunque al pedirles que especifiquen algo de ese todo recurran más ejemplos relativos a aspectos senso-motores que a otros tipos de actividades funcionales; por ejemplo: *"el cerebro es lo más esencial del cuerpo y sirve para mandar todo lo que hacemos [...] pues como pensar algo o cualquier movimiento"*. En este momento no se desarrolla más esta categoría, ya que después se analizará con más detalle qué aspectos del funcionamiento corporal consideran los alumnos bajo la influencia del cerebro.

La red de los NERVIOS es más simple que la anterior (Cuadro 11.2 b), debido a la homogeneidad de las ideas de los niños sobre las actividades y funciones de los nervios/conductos. Su desarrollo es el siguiente:

Cuadro 11.2 b- Red sobre actividad y funciones de los nervios



> las ACTIVIDADES atribuidas a los nervios/conductos, que son los que nombran en las situaciones específicas planteadas se pueden reducir a dos categorías:

- > LLEVAR MENSAJES es la actividad que se señalan con mayor frecuencia; los nervios son los caminos para que circulen los mensajes que van o vienen del cerebro; ej.: "los nervios llevan la imagen del bote al cerebro"; sin embargo en algunos casos les atribuyen
- > OTRAS actividades, como por ejemplo "llevar la sangre".

La recursión se necesita porque algunos alumnos atribuyen más de una actividad a los nervios/conductos.

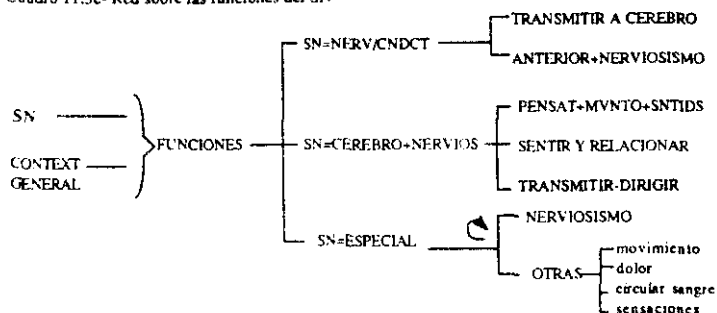
> Para dar cuenta de las FUNCIONES que aparecen en los comentarios hay que diferenciar las que adjudican a cada tipo de estructuras diferenciadas.

- > A los NERVIOS/CONDUCTOS les atribuyen:
 - > TRANSMITIR MENSAJES u ordenes del cerebro. Es la más citada, pero también aparecen otras respuestas que se pueden tipificar como
 - > TRNSMT. MENSIJ+OTRAS, cuando relacionan además a los nervios con otras actividades.
- > A los NERVIOS ESPECIALES los relacionan con:
 - > el NERVIOSISMO
 - > la CIRCULACION de la sangre, o
 - > algo que denominan SENSACIONES

La red de las funciones el SN (Cuadro 11.2 c) se desarrolla a partir de las respuestas dadas en un CONTEXTO GENERAL, es decir cuando se les pregunta

qué funciones cumple este sistema en el cuerpo humano, ya que los niños no se refieren al SN como tal cuando hablan de actividades concretas.

Cuadro 11.3c- Red sobre las funciones del SN



- > Al SN se le atribuyen FUNCIONES según el tipo de SN al que se refieran :
 - > Cuando por SN se refieren sólo lo que denominan NERVIOS/CONDUCTOS:
 - > TRANSMITIR AL CEREBRO, suelen explicarlo diciendo que "el SN es para transmitir las órdenes del cerebro";
 - > algún alumno añade el nerviosismo a la función de transmisión ANTERIOR+NERVIOSISMO.
 - > Cuando el SN es el conjunto de CEREBRO + NERVIOS, le atribuyen:
 - > Una función que se expresa en términos de: es para SENTIR Y REACCIONAR;
 - > otra referida a: PENSAR+ MOVIMIENTO + SENTIDOS;
 - > algún niño lo expresa como DIRIGIR Y TRANSMITIR lo que hace el cuerpo

- Tercer grupo de redes: Mecanismos de funcionamiento
(Cuadro 11.3)

El último grupo de redes se refieren a los mecanismos de funcionamiento del cerebro y los nervios.

En la parte de la entrevista referida a situaciones, los niños hablan con detenimiento sobre lo que ocurre en el cuerpo para que podamos ver un bote, darle una patada y sentir dolor al chocar con una piedra. La entrevista, como referimos en su momento, se orientó de modo que los alumnos reflexionaran sobre los aspectos de los mecanismos implicados en sus explicaciones. Esto es, cuando señalan por ejemplo que "el cerebro manda órdenes a la pierna para que se mueva hacia adelante" se indaga, en un segundo nivel de profundidad, sobre: por dónde manda el cerebro estas órdenes, cómo son esas órdenes, cómo viajan hasta la pierna, si lo que viaja por los nervios en el caso de la vista es igual que lo que viaja en el caso de la orden del movimiento, etc.

Estos contenidos nos permite elaborar el tercer conjunto de redes para referir las ideas de los alumnos sobre MECANISMOS de FUNCIONAMIENTO del cerebro y los nervios en CONTEXTOS PARTICULARES; esto es, en relación a las situaciones que la entrevista les plantea referidas a sentidos y movimiento.

Cuando se analizan con detenimiento las explicaciones sobre cómo se lleva a cabo una determinada actividad corporal, se puede establecer una primera distinción entre las estructuras corporales que intervienen y los procesos que se desencadenan. Hemos denominado SOPORTE a la categoría que recoge las estructuras corporales básicas que configuran una actividad y MECANISMO a los procesos que se desencadenan a lo largo de estos soportes.

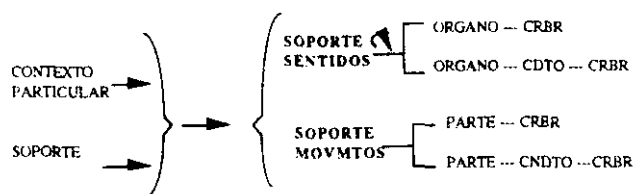
Tras establecer esta primera distinción, aún quedaban sin categorizar una serie de comentarios que hacían referencia a la existencia de unas entidades que se denominaban "órdenes", "mensajes", "sensaciones", etc. Dichas entidades constituyen el factor que es transportado por los procesos de un mecanismo a través de los componentes del soporte material, para provocar finalmente la acción que se está explicando. Nos pareció que se debían recoger estas explicaciones en una categoría que denominamos MENSAJES/ORDENES, cuyo posterior desarrollo nos permitiera dar idea de las mismas. Estas explicaciones corresponden a un 2º nivel de profundidad (perspectiva microscópica o celular) de aspectos fenomenológicos.

Los Cuadros 11.3 a, b y c muestra la estructura final de estas redes cuyo proceso de sub-categorización pasamos a describir.

Soportes

Los alumnos refieren SOPORTES (Cuadro 11.3a) de acciones cuando hablan de ver, sentir dolor y de dar una patada (Contextos particulares) . Esto nos permite establecer las dos categorías iniciales de SENTIDOS y MOVIMIENTO.

Cuadro 11.3 a- Redes sobre los mecanismos de funcionamiento del SN



El análisis del SOPORTE básico que interviene en actos relativos a los SENTIDOS y al MOVIMIENTO (11.3a) es muy homogéneo y revela la existencia de dos tendencias:

- > Una concepción hace intervenir el cerebro además del órgano correspondiente. Por ejemplo: *"el ojo vé el bote y el cerebro piensa que es un bote"*, o *"si te mojas un pié eso es del tacto, tú sientes que lo tienes mojado, lo sientes con el cerebro, pero no se lo tiene que transmitir ningún nervio"*, o *"el cerebro piensa que vás a dar la patada y la pierna la da"*. Esta categoría se ha denominado ORGANO-CEREBRO (sentidos) o PARTE-CEREBRO (en movimiento)
- > Una segunda categoría, ORGANO-CONDUCTO-CEREBRO, configura el soporte con tres elementos: los dos anteriores más algún tipo de estructura que los relaciona. El CONDUCTO mediador puede ser o no denominado como nervio, pero siempre se describe como un camino o vía de comunicación entre el cerebro y el órgano inmediatamente responsable de la acción. Por ejemplo: *"vemos el bote con los ojos y por los nervios llega al cerebro y lo interpreta"*, o *"[al chocar] ...las células que están dentro de la pierna se caen y el dolor que tienen se lo pasan al cerebro por unos tubitos"*, o *"el cerebro manda una órden a la pierna, por los nervios, para que dé la patada"*.

La recursión delante del bar (que indica categorías exclusivas) que sigue a SOPORTE SENTIDOS significa que el mecanismo de cada acción sólo puede corresponder a una categoría, pero hay que entrar dos veces en la red para situar los relatos de un alumno: una vez para al vista y otra para el dolor.

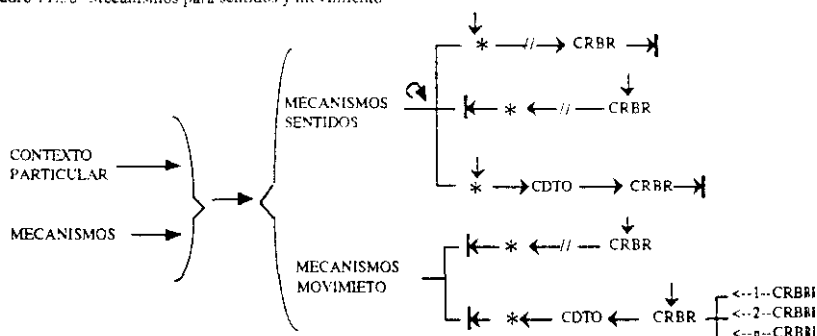
Mecanismos

Los MECANISMOS (11.3b) por los que se llevan a cabo acciones corporales representan procesos dinámicos de transmisión: esto supone una dificultad para categorizarlos empleando una sola palabra, sin perder la esencia de lo que ocurre. Se ha optado por representar cada categoría como un diagrama de flujo simplificado en el que queden explicitados:






- dónde se inicia y finaliza el proceso.
- qué soporte material recorre, y
- el sentido direccional de la transmisión.

Los símbolos utilizados en los diagramas de los mecanismos están representados en el Cuadro 11.4.

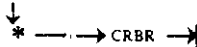
Cuadro 11.3b- Mecanismos para sentidos y movimiento

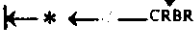


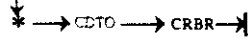
Cuadro 11.4- Símbolos para la red de MECANISMOS

	Indica la parte del soporte en la que se inicia el mecanismo
	Representa el órgano o parte corporal que realiza la acción que se analiza (ej.: el ojo vé, la pierna se mueve)
	Simboliza el sentido en el que avanza el proceso de transmisión
	Significa que finaliza la transmisión y termina un ciclo del mecanismo
CDTO	Indica la existencia de una vía o camino que conduce mensajes entre dos elementos del soporte (ej.: nervios o "conductos")
CRBR	Representa el cerebro
	Significa que el cerebro interviene como soporte cognitivo, pero no media ningún tipo de transmisión.

Los MECANISMOS que aparecen para dar cuenta de acciones relativas a los SENTIDOS (vista y dolor) son variados. Las variantes se producen esencialmente en relación a dos variables: a) la existencia o no existencia de conductos mediadores de la transmisión, y b) el sentido de la transmisión, condicionado por el lugar en que se inicia. Quedan en total cuatro categorías de mecanismos para dar cuenta de las ideas de los alumnos sobre cómo tiene lugar una acción sensorial.

 Recoge las expresiones del tipo: "el ojo vé el bote y el cerebro piensa que es un bote", o "el pié tiene unas partículas que sienten al chocar y tú sabes que te has hecho daño".

 El órgano realiza la acción a instancias del cerebro, pero no se ha conceptualizado ninguna vía mediadora entre ambos elementos; p. ej.: "el cerebro le dice al ojo que mire el bote"

 Es un mecanismo que se inicia en el órgano que realiza la acción: este órgano manda señales al cerebro a través de un conducto o nervio y el cerebro identifica la sensación; p. ej.: "los ojos ven el bote y le mandan

señales al cerebro [...] si no llegaran al cerebro veríamos pero no sabríamos lo que es", o "si la sensación de dolor no llega al cerebro no notas el daño".

La recursión delante del bar de MECANISMO SENTIDOS tiene la misma justificación que hemos expuesto anteriormente.

Los mecanismos para el MOVIMIENTO presentan una homogeneidad mayor en las explicaciones de los alumnos y se pueden organizar en las dos categorías siguientes:

> $\leftarrow * \leftarrow // \xrightarrow{\downarrow} \text{CRBR}$ El cerebro desencadena la acción pensándola; p. ej.: *"el cerebro piensa que quieres dar una patada y la pierna la dá"*.

> $\leftarrow * \leftarrow \text{CDTO} \xrightarrow{\downarrow} \text{CRBR}$ El mecanismo se inicia mentalmente en el cerebro que transmite por cierta vía un mensaje a la pierna (o a elementos concretos de la misma que suelen ser los huesos o/y los músculos), y se produce el movimiento.

Se han afinado más las sub-categorías de este mecanismo en función del número de órdenes que los alumnos hacen intervenir en él. En los dibujos venían representadas dos posiciones de la pierna y esto motivó el que algunos niños explicitaran la necesidad de que el cerebro transmitiera más de una orden para que el movimiento total se llevara a cabo.

> En unos casos aparecía que bastaba una sólo orden del cerebro, ya que *"en la orden vá toda la idea de como dar la patada"* Se ha categorizado este modelo como $\leftarrow -1--\text{CRBR}$.

> En otras ocasiones se hacían intervenir dos órdenes, *"una es para que la pierna vaya hacia atrás y la otra para adelante"*. Se ha representado como $\leftarrow -2--\text{CRBR}$.

> Finalmente, algunos comentarios señalaban que el cerebro tiene que mandar muchas órdenes seguidas para que la pierna realice el movimiento. Esta situación se tipifica como $\leftarrow -n--\text{CRBR}$.

En ningún caso aparece un mecanismo en el que haya señales en los dos sentidos, esto es, desde el cerebro a la pierna y de esta al cerebro; siempre se inician en el cerebro y mueren en la pierna.

Los mecanismos que aparecen en los relatos son esencialmente de transmisión entre dos partes corporales de algo que los alumnos denominan como: mensajes, órdenes, señales, etc. La última red del grupo que venimos detallando se desarrolló para dar cuenta de los comentarios sobre qué son o qué naturaleza tienen dichas señales y la hemos denominado MENSAJES.

Mensajes

Sobre la base común de que se transmite una información, las expresiones utilizadas para cualificar los mensajes u órdenes son variadas. Se habla de: *ideas, sensaciones, partículas, imágenes, fuerzas eléctricas, deseos, chasquidos*, etc. Además, un mismo niño puede usar distintas imágenes según se refiera a mensajes relacionados con la vista, el movimiento o el dolor.

Para organizar todos los comentarios referentes a este punto, se recurrió a una primera diferenciación entre la naturaleza atribuida a los mensajes en los contextos particulares de los mecanismos descritos, y la consistencia de cada individuo en atribuir la misma naturaleza a todos los mensajes o distintas según el caso. Esto queda plasmado en la red por las categorías NATURALEZA y VARIACIONES NATZ., precedida por el signo de co-selección.

Cuadro 11.3c- Naturaleza de los mensajes



> NATURALEZA se desarrolló en las sub-categorías siguientes:

- > NO SABE cuando se afirma no conocer qué o cómo son los mensajes que se mencionan;
- > MENTAL recoge los comentarios que tipifican los mensajes en términos de ideas, deseos o imágenes; p.ej.: *"lo que viaja por el nervio es la idea que el cerebro tiene de la patada"*.
- > PERCEPTIVA agrupa las expresiones que califican a los mensajes como sensaciones o estímulos; p.ej.: *"por el nervio va la sensación de dolor"*.
- > FISICA es una categoría que agrupa las referencias a las órdenes o mensajes como partículas, fuerzas, contracciones, chasquidos, impulsos eléctricos, etc.; p.ej.: *"la orden es como unas contracciones que van por los nervios hasta la pierna"*.

La recursión de entrada ante selecciones exclusivas (bar) indica que sólo es posible catalogar cada tipo de mensaje en una categoría, pero hay que entrar tres veces en la red para describir las ideas de cada alumno sobre los mensajes: los de la vista, los del movimiento y los del dolor.

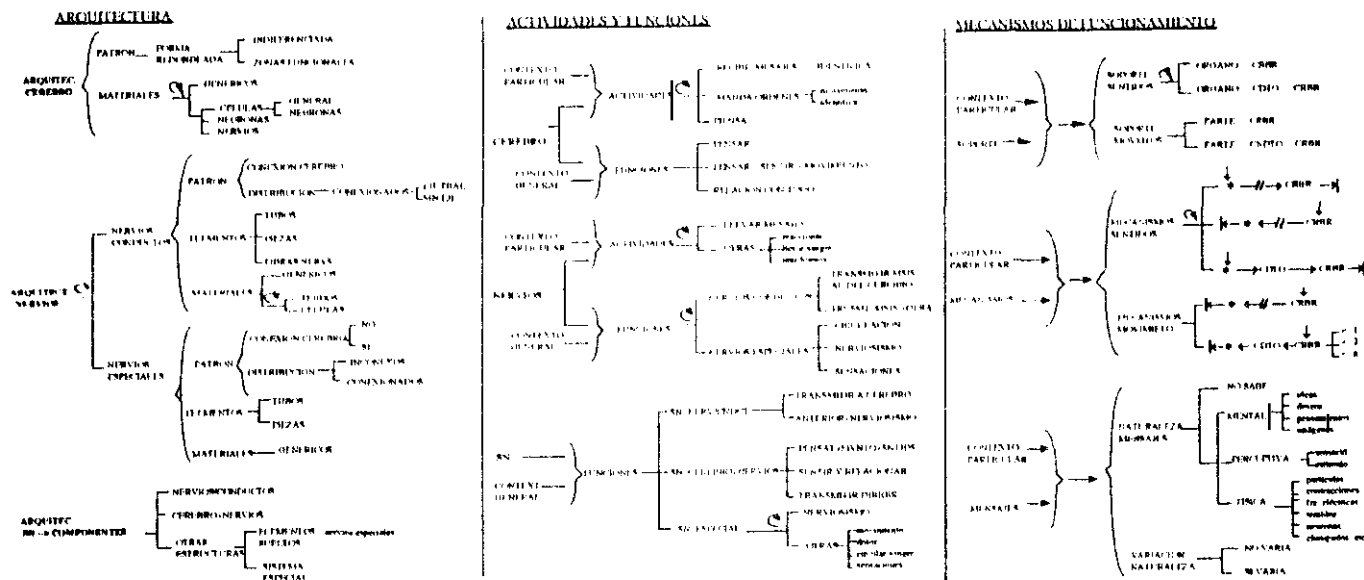
La consistencia de cada alumno en mantener o no la naturaleza de los mensajes queda reflejada en

> VARIACION NATZ que se ha subdividido en:

- > NO VARIA para los que expresan la naturaleza de los tres tipos de mensajes utilizando términos de la misma categoría; lo que señalan que se transmiten por los conductos son siempre chasquidos, o siempre ideas, o fuerzas y temblores, etc.
- > SI VARIA cuando los mensajes son de naturaleza diferente según la acción que tratan; p. ej.: cuando en la vista y el movimiento las señales son ideas o pensamientos, mientras que en el dolor hablan de la transmisión al cerebro de unas partículas.

El Cuadro 13.4 recoge el conjunto de los tres tipos de redes de contenido desarrolladas a partir de las entrevistas de los 20 alumnos, que hemos venido mostrando por partes en los cuadros anteriores.

Cuadro 11.4- Redes de contenido



11.3.2- Tratamiento de las entrevistas. Modelos mentales

Después de analizar las ideas más frecuentes sobre el SN con las redes descritas, se analizaron de nuevo las entrevistas; esta vez, al nivel de los paradigmas generados por cada alumno, para tipificar los posibles modelos mentales sobre el SN.

Se indagan los modelos desde los elementos que configuraban los modelos mentales de los niños de 3º de EGB: la topología del sistema, la función atribuida al mismo, y los mecanismos de ejecución.

- El paradigma de cada alumno en la red ARQUITECTURA del SN, pone de manifiesto las ideas relativas a la *topología* del sistema.
- Las *funciones* que le atribuyen a la topología conceptualizada viene determinadas, para cada alumno, por su paradigma en las categorías de FUNCIONES de la red ACTIVIDADES Y FUNCIONES DEL SN.
- Los paradigmas generados en la red de MECANISMOS DE FUNCIONAMIENTO DEL SN están relacionados con el *mecanismo de ejecución* que conceptualizan para el sistema en situaciones particulares.

Las contestaciones a las 13 tarjetas de la parte de la entrevista "sobre ejemplos" nos permitirán, por un lado, analizar la coherencia/predicción de cada sujeto en la aplicación del modelo mental en situaciones diferentes, y por otro, comprobar si en este momento los "tipos de actividades" en que involucran al SN forman parte del modelo mental, o son sólo consecuencia del mismo, como ocurría en 3º de EGB.

12. LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS SOBRE EL SN ANTES DE LA INSTRUCCION

Las ideas de los alumnos antes de que estudien el tema del SN han quedado reflejadas de modo general en la estructura de las redes descritas. Vamos ahora a poner de manifiesto las tendencias más frecuentes en el contexto de dichas redes y a explorar la posibilidad de la existencia de modelos mentales relativos a este sistema.

En primer lugar, daremos cuenta de las categorías más frecuentes en las ideas de los alumnos utilizando los tres grupos de redes desarrolladas a partir de la parte de la entrevista "sobre situaciones":

- cómo son los nervios, el cerebro y el SN.
- funciones y actividades de estos elementos, y
- mecanismos de funcionamiento del cerebro y los nervios.

Se llevó a cabo un primer análisis en función de las categorías terminales y su representación en la muestra. Se prestó atención a los resultados de los alumnos de cada centro por separado, buscando diferencias significativas que pudieran existir antes de la instrucción. Para ello se estudiaron comparativamente las frecuencias generadas por los alumnos de cada centro en las categorías terminales. Salvo en alguna sub-categoría, que señalaremos en su momento, las diferencias eran mínimas. Esto nos llevó a considerar a los 20 alumnos de los dos centros como una muestra homogénea; no obstante, señalaremos explícitamente los resultados de cada centro para cada categoría.

En un segundo análisis se analizan las respuestas de cada alumno a la parte de la entrevista "sobre ejemplos" para comprobar si aparecen modelos mentales bien delimitados sobre la función del SN en el cuerpo humano.

12.1- Ideas más frecuentes sobre el cerebro, los nervios y el SN

A partir de ahora, en los cuadros que muestran las redes, la cuantificación de las categorías se representa del modo siguiente: el número entre () corresponde al total de la muestra (N=20) y entre [] se indican las frecuencias obtenidas en cada centro. La primera cifra corresponde siempre al centro A[N=10] y la segunda al centro B [N=10] .

A los alumnos se les identifica en sus citas por un número, que corresponde a su lugar en la ordenación alfabética que hicimos de sus entrevistas y dibujos. Por ejemplo N°7 significa el alumno que tiene el número 7. Los alumnos mantienen los mismos números en la pre y post-instrucción.

12.1.1- Cómo son el cerebro los nervios,y el SN

El cerebro

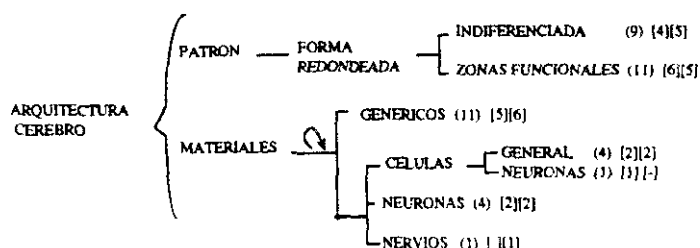
Nombrado y localizado en la cabeza por todos, lo representan como una FORMA REDONDEADA INDIFERENCIADA, sin partes o subestructuras concretas. Cerebro es el nombre utilizado para designar la masa que encierra la cabeza. Sin embargo, un 55% alude a diferentes partes del cerebro, que están encargadas de distintas funciones del cuerpo (lo que hemos denominado como ZONAS FUNCIONALES), pero aún los que las dibujan lo hacen a título de que existen, no de que estén en esos lugares; p.ej.:

"Hay una parte encargada de los sentidos, donde están almacenados los datos. [...] el dolor llega a otra parte diferente del almacén de datos anterior" (N°20)

" Pienso que el cerebro es como si tuviera diferentes bloques; uno para el oído, otro para la vista, otro para el gusto, otro para el olfato" (N° 17)

"Los diferentes estímulos van a diferentes zonas; aquí va el de la pierna, el del brazo; esta zona es la del dolor, el ojo va a esta zona que es toda de la vista, ..." (N°5)

Cuadro 12.1- Arquitectura del cerebro (N=20)



Respecto a los MATERIALES constituyentes del cerebro:

- 55% de las frecuencias hacen referencia a una mezcla de componentes GENERICOS : un material blandito, los sesos;
- 25% nombran CELULAS pero sólo un niño se refiere a ellas como NEURONAS;
- otro 20% que nombra las NEURONAS las conciben como unos componentes especiales del cerebro:

"Las neuronas son como los jefes, los que actúan, los que mantienen el cerebro" (Nº7)

"Las neuronas son como un conjunto de nervios que hay en el cerebro" (Nº9)

"Un conjunto de células forman las neuronas y las neuronas forman el cerebro" (Nº1)

- un niño (5%) señala que el cerebro está hecho de NERVIOS

El total de las frecuencias es mayor que 100 debido a la recursión de la red, ya que hay niños que nombran más de un componente.

Los nervios

La arquitectura de estos componentes queda bien reflejada en los dibujos que realizaron, una muestra de los cuales aparece en las Figuras 12.1, 12.2.

Figura 12.1- A y B Nervios inconexos

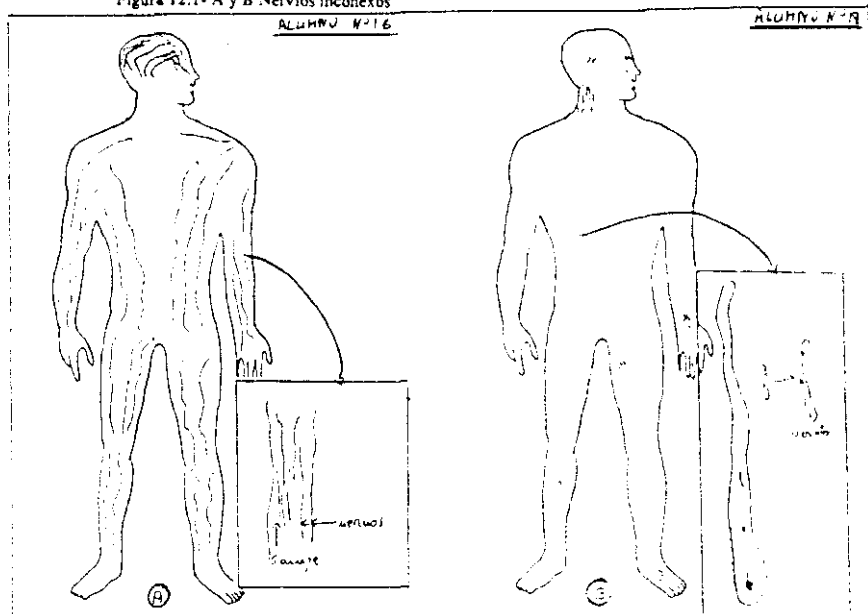
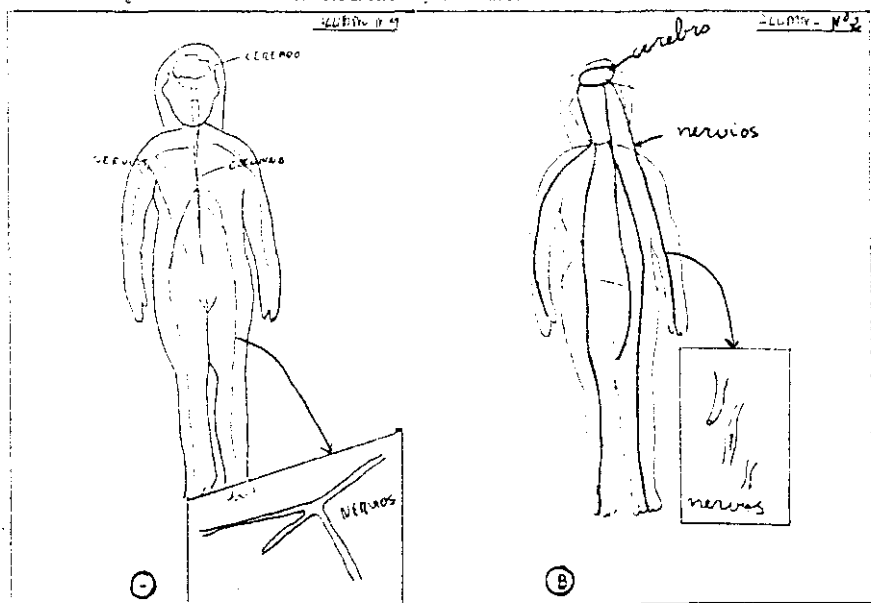
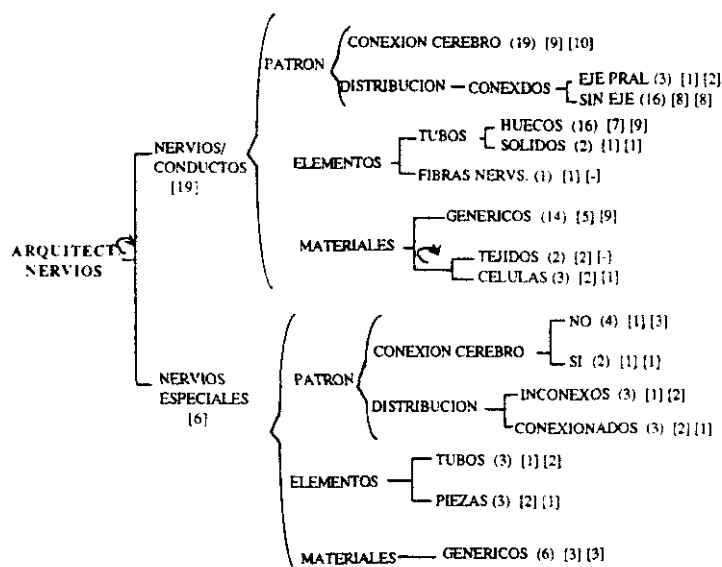


Figura 12.2- Nervios conectados al cerebro y ramificados



N=19 en la categoría nervios/conductos indica que, menos un niño (N°10), todos han conceptualizado un tipo de estructura que denominan NERVIOS o CONDUCTOS. Además, 6 de estos 19 que denominana "conductos" a las estructuras anteriores, dibujan y explican la existencia de "nervios", que representamos por la categoría NERVIOS ESPECIALES. En el Cuadro 12.2 pueden verse las tendencias que se dan en la muestra en relación a cada una de las categorías.

Cuadro 12.2- Arquitectura de los nervios (N=20)



> NERVIOS/CONDUCTOS: 19 alumnos (95%) han conceptualizado unos conductos que relacionan el cerebro con diferentes partes corporales y que denominan nervios o sólo conductos.

> Todos representan estas estructuras con el siguiente PATRON:

> CONECTADOS al CEREBRO, y

> CONEXIONADOS entre ellos; la mayoría los conecta unos con otros sin que aparezca un eje central, que sólo aparece en 3 dibujos.

> La idea mayoritaria de la estructura -ELEMENTOS- de estos conductos , tal como los imaginan si los pudieran ver muy ampliados, es la de

> TUBOS HUECOS (80%)

"los nervios son unos tubitos huecos y blandos, parecidos a las venas" (Nº12)

> tan sólo un niño se refiere a ellos como FIBRAS NERVIOSAS.

> No saben de qué MATERIALES están hechos en términos concretos.:

> el 75% hablan en términos GENERICOS de materiales elásticos, blanditos, etc.

> sólo un 25% nombra TEJIDOS o CELULAS

"los nervios son de células, pero éstas no son neuronas, ésas son las del cerebro" (Nº20)

"los nervios son de tejido y por dentro son como un tunel" (Nº14)

"Los nervios son como una especie de venas que están directamente comunicadas a las neuronas, que son una especie de células. (dibujando). Aquí estaría una especie de nervios y cada neurona tendría su nervio. Los nervios llevarían las neuronas hasta el cerebro". (Nº 17)

En esta última categoría parecen diferenciarse ambos centros. Los alumnos del A aluden más que los del B a las células o tejidos como componentes de los nervios. También en relación al cerebro, el unico niño que nombró las neuronas es del centro A. La relación de las células con los nervios, tal como las imaginan los alumnos está representada en los Dibujos 12.3b, 12.4b, 12.5b y 12.6b.

> Los NERVIOS ESPECIALES (30%) se conciben con una arquitectura diferente a los anteriores conductos, como ponen de manifiesto las sub-categorías correspondientes y sus frecuencias. Dibujos 12.1, 12.7 y 12.8.

> PATRON : representan estructuras conectadas o no al cerebro, que pueden estar distribuidas por el cuerpo de modo inconexo, o relacionados entre ellos en un sistema especial.

> Los ELEMENTOS constituyentes pueden ser tubulares, u otro tipo de piezas.

> Los materiales son siempre GENERICOS.

Figura 12.3 y 12.4- Arquitectura del SN (A); Relación células -nervios (B)

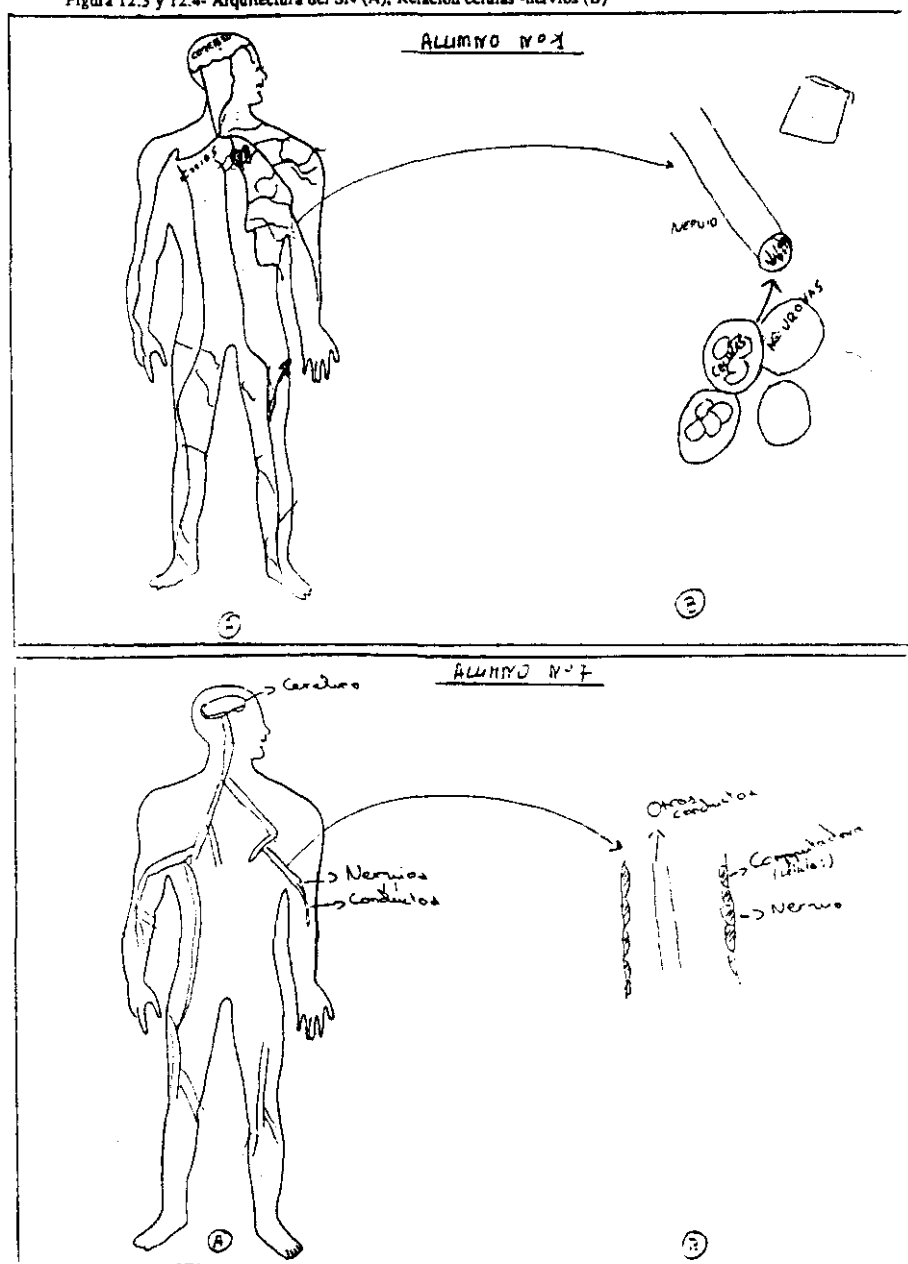
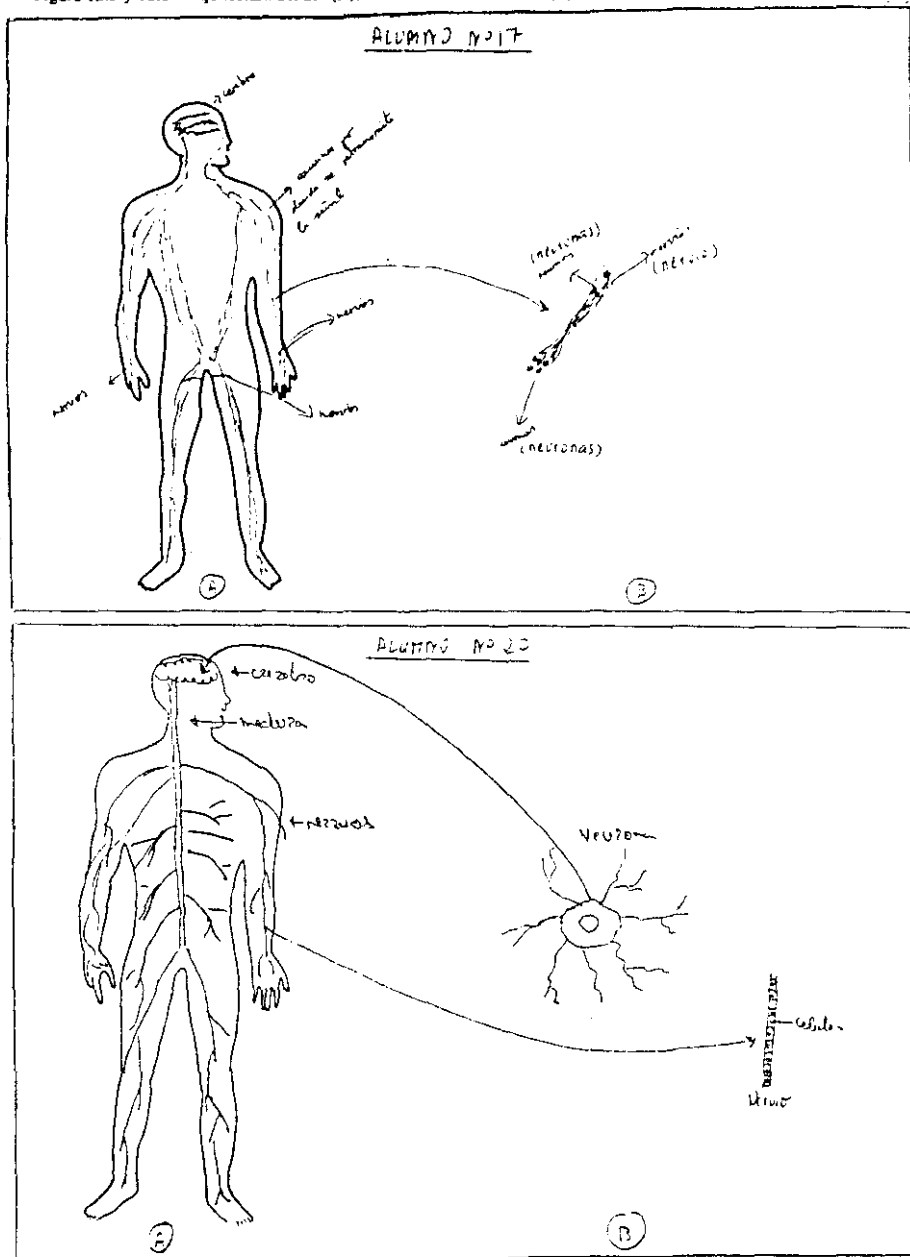


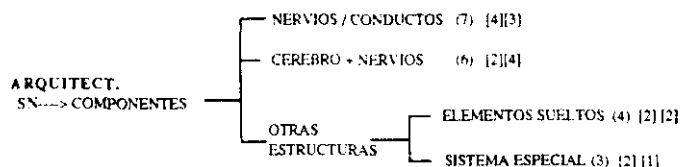
Figura 12.5 y 12.6- Arquitectura del SN (A): Relación células -nervios (B)



El SN

Las ideas sobre qué componentes forman este sistema son variadas entre los alumnos y se indican sus frecuencias en el Cuadro 12.3.

Cuadro 12.3 - Los elementos que componen el SN (N=20)



> un 35% identifican el SN con NERVIOS o CONDUCTOS que relacionan el cerebro con todo el cuerpo, pero afirman que el cerebro no forma parte de este sistema, aunque está relacionado con él; p. ej.:

"El SN son los nervios. El cerebro les manda pero no es del SN" (Nº1)

"El SN son los nervios. Son los mismos que los de la patada y la vista" (Nº4)

"El SN son los nervios, los conductores de las órdenes del cerebro" (Nº8)

"El SN son los nervios [...], no, el cerebro no es del SN" (Nº14)

> 30% conciben el SN formado por el CEREBRO + NERVIOS y algunos diferencian también la médula espinal como componente del sistema:

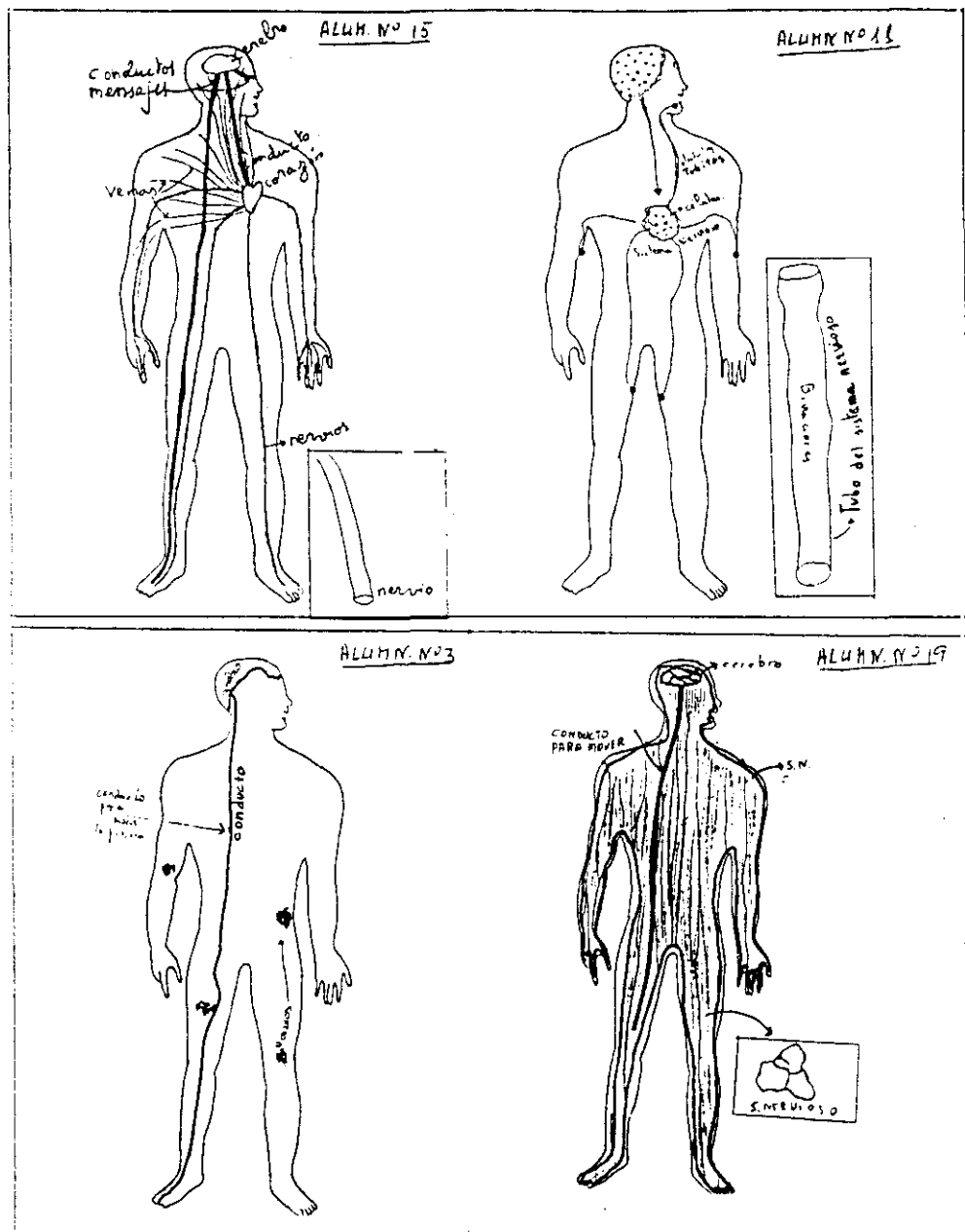
"El SN es el cerebro y unas comunicaciones [...] Sí, las comunicaciones son los tubos de antes de la patada y del dolor" (Nº13)

"El SN lo forman el cerebro, que es el que lo controla, una gran ramificación, que es la médula espinal, que desde ahí salen todas las fibras nerviosas" (Nº20)

> El 35% restante señalan un SN formado por OTRAS ESTRUCTURAS especiales, diferentes de los nervios o conductos a que se han referido con anterioridad al hablar de los actos sensitivos y el movimiento.

> Dos tercios de este grupo conciben el SN formado por ELEMENTOS SUELTOS (Figuras 12.1b y 12.8.a.)

Figuras 12.7 y 12.8- S Nerviosos Especiales



"El SN son otros nervios [...] son unas cositas pequeñas, así (bibuja) que se mueven mucho [...] sí, son distintos de los nervios de antes" (Nº18) (Figura 12.1b)

> el resto describen un SN formando algún SISTEMA ESPECIAL (Figuras 12.7 y 12.8 b);

" El SN es como una bola que dentro también hay células, y tiene también unos tubitos que van a todas las partes del cuerpo" (Nº11)

12.1.2- Actividades y funciones del cerebro, los nervios y el SN

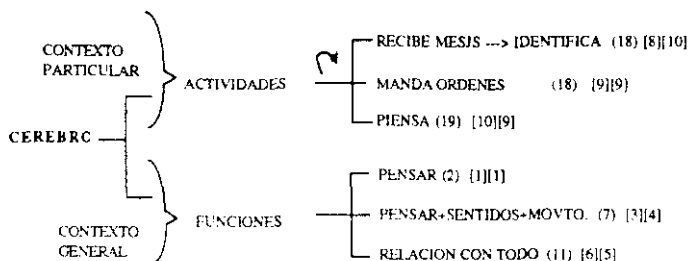
Los Cuadros 12.4, 12.5 y 12.6 indican las frecuencias de las categorías terminales del grupo de redes sobre la actividad funcional de los elementos a que nos venimos refiriendo, en la muestra de los 20 niños entrevistados. Pasamos a comentar algunos de los resultados.

Actividades/funciones del cerebro

Las referencias a qué es lo que hace el cerebro en situaciones concretas, (ACTIVIDADES), se distribuyen por igual entre las categorías de su red. El total de frecuencias, distinto de 20, se debe a la necesidad de la recursión de entrada, ya que un mismo niño puede atribuir actividades distintas al cerebro en las diferentes acciones que explica. En el recuento se considera únicamente la presencia/ausencia de cada una de las categorías en los comentarios de cada alumno, no el nº de veces que aparecen comentarios de una misma categoría.

RECIBE MENSAJES, MANDA ORDENES y PIENSA son las actividades atribuidas al cerebro en la realización de las acciones que necesariamente debían comentar, ver un objeto, dar una patada y sentir dolor.

Cuadro 12.4- Las actividades/funciones del cerebro (N=20)



> RECIBE MENSAJES es una actividad asociada primordialmente con actos relativos a los sentidos; su finalidad es conocer o identificar algo; p. ej.:

"El cerebro recibe mensajes de la vista y el cerebro elabora el mensaje para que el pensamiento me diga lo que veo". (Nº8)

"El daño se transmite al cerebro y entonces es como si dijera que algo no está bien, que algo nos ha hecho daño, que no es normal". (Nº17)

"La sensación del dolor tiene que ir al cerebro". (Nº19)

> MANDA ORDENES se asocia principalmente con el movimiento, pero también hay niños que conciben que casi toda la actividad corporal se realiza porque el cerebro la manda; p. ej.:

"El cerebro manda una orden para que la pierna se mueva hacia atrás". (Nº2)

"El cerebro manda, no sé cómo, a la pierna que va a dar una patada" (Nº15)

"El cerebro da como órdenes a los ojos y ven el bote.

El cerebro le ha dado la orden al pie para que dé la patada.

El pie nota el daño, a lo mejor le pasa la orden al cerebro y el cerebro manda orden para que lo diga" (Nº3)

> Los comentarios de la categoría PIENSA se refieren a la realización de actividades cognitivas por el cerebro, independientes de la emisión o recepción de mensajes implicados en la acción de que se trate; p. ej.:

"El cerebro decide si quiere o no dar la patada" (Nº5)

"El pie siente el daño y el cerebro piensa que te has hecho daño". (Nº16)

Cuando los alumnos hablan de las **FUNCIONES** que el cerebro realiza en el cuerpo, en términos generales, suelen referirse a la necesidad de la intervención de este órgano en ciertos tipos de actividades o en todas las actividades corporales. Las frecuencias de esta parte de la red ponen de manifiesto la existencia de dos tendencias mayoritarias y una categoría poco representada en la muestra:

- > **PENSAR**, dos niños (10%) atribuyen al cerebro únicamente funciones cognitivas, bien de corte intelectual o como soporte cognitivo de las acciones senso-motoras:

"El cerebro piensa. Dice lo que tienen que hacer algunos músculos, pero él lo piensa y los músculos lo hacen; y también para el sabor; es el que piensa que te has hecho daño". (Nº10)

- > La tendencia representada por la categoría **PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO** (35%) atribuye al cerebro las funciones indicadas; p. ej.:

"Es para pensar y hacer acciones [...] las acciones son correr, andar, la vista y eso". (Nº2)

"El cerebro es para poder pensar, para los sentidos y para poder mover el cuerpo". (Nº3)

"El cerebro es para todos los sentidos y para pensar y para el movimiento". (Nº6)

- > La segunda tendencia mayoritaria viene representada por la categoría **RELACION CON TODO** (55%), y es un poco más ambigua en su contenido. Los comentarios recogidos señalan, en primer lugar, que el cerebro está relacionado con toda la actividad del cuerpo, pero cuando explicitan el contenido de ese "todo" resultan actividades que en su mayor parte corresponden con las clasificadas en la categoría anterior.

No obstante, como ya señalamos, se han recogido conformando esta otra categoría suponiendo que el todo a que se refieren pueda ser más amplio que los ejemplos que dan. Algunos de los comentarios a los que nos referimos son los que siguen:

"Es para pensar y decir al cuerpo todo lo que tiene que hacer. [...] Todo como mover, coger, querer y eso". (Nº4)

"El cerebro es como el centro de todo, es donde se recibe todo y se manda todo, es el centro de contacto entre todo el cuerpo". (Nº5)

"Yo creo que casi todo o todo depende del cerebro.[...] Por ejemplo, todos los sentidos, pensar, hacer algo, interpretar estímulos. [...] Sin cerebro podríamos hacer pocas cosas".(Nº9)

"El cerebro es el que controla.[...] Es el que dirige los sentidos, almacena datos, transmite señales para el movimiento y dirige las funciones que no controlamos, como el latido del corazón, la respiración, el equilibrio y eso".(Nº20)

Actividades/funciones de los nervios

De los 19 alumnos que conceptualizan nervios/conductos relacionados con el cerebro, al explicar las actividades corporales concretas les atribuyen las ACTIVIDADES siguientes:

- > 19 señalan que intervienen en las acciones para LLEVAR o traer MENSAJES entre el cerebro y alguna parte del cuerpo. Los comentarios son siempre del mismo corte:

" los nervios llevan la imagen del bote al cerebro"

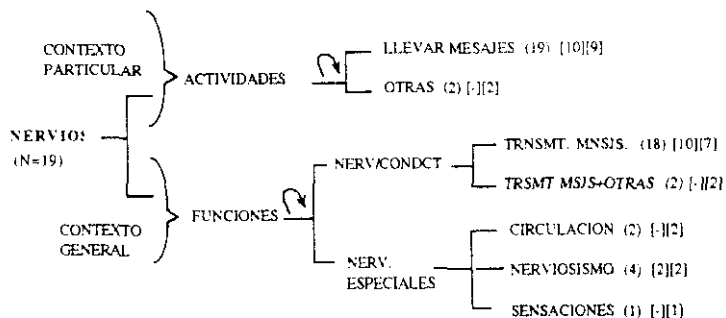
"la orden de mover el pié llega a la pierna por los nervios"

" la sensación de dolor va por un nervio hasta el cerebro"

" el mensaje de la patada va por unos tubos a la pierna"

" lo que el ojo ve va por un conducto al cerebro"

Cuadro 12.5- Las actividades/funciones de los nervios.



- > Tan solo dos niños implican estos nervios, además, en OTRA actividad, y lo expresando este modo:

"La vista ve la lata y se la transmite al cerebro y podemos ver.[...] Por los nervios va sangre y lleva la imagen del bote al cerebro". (Nº16)

"El dolor hace algo a los huesos y se transmite al cerebro. [...] Dentro de los huesos hay también nervios, los huesos están unidos por nervios. Es uno largo (dibuja el nervio) y es como si estuvieran unidos (los huesos) por ese nervio. El dolor hace que se mueva (un hueso), entonces choca con el otro, así se van chocando hasta que llega al cerebro el chasquido y como es muy sensible siente dolor". (Nº18)

En relación a la actividad de los nervios, hay un aspecto que aparece en los comentarios de bastantes niños, pero que no se controló con exactitud. Cuando hablan de dar una patada y de sentir dolor, 5 niños explicitan que el nervio por el que van las órdenes del cerebro para el movimiento es el mismo que el que lleva al cerebro la sensación de dolor. Otros 6 casos, por el contrario, señalaron que son dos vías o conductos diferentes porque, como alguno comenta, *"si fueran por el mismo chocarían y sería un llo"*.

Cuando se refieren a la FUNCION de los nervios, en términos generales, hay que diferenciar: las que le atribuyen a las estructuras NERVIOS/ CONDUCTOS y las que se refieren a los NERVIOS ESPECIALES. La recursión indica que hay niños que conceptualizan ambos tipos de estructuras y les asignan funciones diferentes.

> Para NERV=NERV/CONDUCT

- > 18 niños se limitan a señalar únicamente que su función consiste en TRANSMITIR MENSAJES AL/DEL CEREBRO al cuerpo;

- > 2 niños les atribuyen además otra función. TRNSMT. MSJS+OTRA:

"los nervios son para unir los huesos y fortalecerlos, y para transmitir al cerebro esos golpeitos" (Nº18)

"Los nervios son para... si el cerebro quiere decir a la pierna que la mueva, tiene que pasar por los nervios, y cuando estás tranquila o nerviosa, pues los nervios reaccionan diferente" (Nº4)

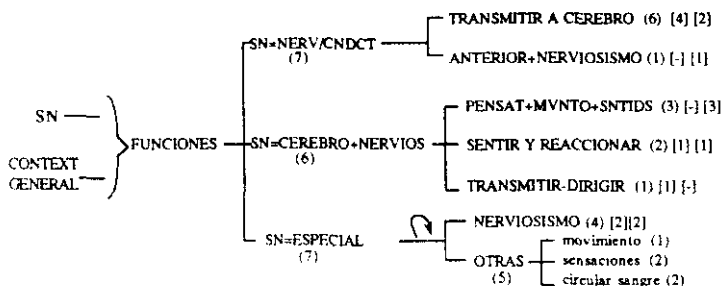
- > Para NERVIOS ESPECIALES, las funciones que se les atribuyen se refieren a:
 - > 2 los relacionan con la CIRCULACION de la sangre:
 - "La sangre circula por los nervios" (Nº16)
 - "Los nervios son para el estrés y para conducir la sangre también" (Nº15)
 - > 4 con el NERVIOSISMO, el Nº15 que acabamos de ver y otros tres:
 - "Los nervios son lo que nos pone nerviosos" (Nº3, 11 y 18)
 - > uno con lo que denomina SENSACIONES:
 - "Estos nerviecillos del cuerpo nos indican sensaciones" (Nº18)

Funciones del SN

Las FUNCIONES atribuidas al SN dependen de a qué estructura se refieran. Las frecuencias de las distintas concepciones aparecen en el Cuadro 12.6.

- > El 35% que considera que SN=NERVIOS/CONDUCTOS especifican mayoritariamente que su función es la de TRANSMITIR AL/DEL CEREBRO al resto del cuerpo.
 - "Es para llevar las órdenes del cerebro de sentir y para que esos movimientos sean realizados por los músculos" (Nº1)
 - "El SN sirve para transmitir sensaciones del cuerpo al cerebro y del cerebro al cuerpo". (Nº2)
 - "La función es la de relacionar las sensaciones que se producen en el cuerpo con el cerebro que luego las interpreta". (Nº17)
 - "El SN en el cuerpo humano es para transmitir órdenes. [...] Ordenes de que se ha hecho daño, que se tienen que colocar los huesos, ¡de cualquier cosa!". (Nº13)
 - "El SN nos transmite las sensaciones y todo al cerebro. Es como el que transmite. Es necesario porque si nó no nos enteraríamos de nada". (Nº14)

Cuadro 12.6 - Las funciones del SN (N=20)



- > Los que conforman un SN=CEREBRO+NERVIOS (30%) le adjudican una función que en principio parecen referir a todo el funcionamiento corporal, pero cuando se les pide que ejemplifiquen parecen hacer referencia a los tres aspectos señalados, también bastante globales

- > PENSAR+MOVIMIENTO+SENTIDOS (15%);

" El SN es para darte cuenta de las cosas, y para podernos mover y para los sentidos y para darte cuenta de que te has hecho daño". (Nº6)

- > SENTIR Y REACCIONAR (10%);

" Tiene la función de que vivamos, de que sintamos, porque sin él no podríamos pensar, no habría reacciones". (Nº5)

" Sería como el sistema que manda los mensajes; sería como el reaccionar ante un impulso". (Nº7)

- > TRANSMITIR-DIRIGIR (10%);

" Del SN, el cerebro almacena datos y dirige las funciones; y el SN tiene la función de transmitir el tacto, el dolor, la presión,...transmitir las señales para que el cuerpo haga movimientos". (Nº20)

- > Los que hablan de un SN ESPECIAL lo relacionan con:

- > NERVIOSISMO en la mitad de los casos; y

- > suelen añadirle OTRAS funciones.

" El SN es lo que nos pone nerviosos" (Nº3)

" El SN sirve para mandar los movimientos" (Nº11)

"El SN es para cuando te pones nervioso y para conducir la sangre también". (Nº15)

"Estos nervios son para transmitir cosas al cerebro y unir a los huesos, y esos otros nerviecillos nos indican sensaciones: la de dolor, de alegría y ponerte nervioso y eso" (Nº 18)

12.1.3- Mecanismos de funcionamiento

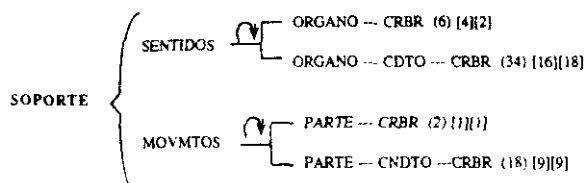
Este último grupo de redes da cuenta de las ideas de los alumnos sobre el SN a un nivel mayor de sofisticación. Las redes anteriores han captado principalmente los aspectos fenomenológicos del SN, al que denominamos Nivel 1 de profundidad; es decir, a niveles descriptivos macroscópicos o de organismo general, que es el nivel espontáneo del discurso de los niños. En este último apartado se recogen los comentarios que abordan el tema del SN al que denominamos Nivel 2 de cuestionamiento en la entrevista. En este nivel se indaga hasta qué punto los alumnos entrevistados son capaces de reconstruir, es decir, de dar cuenta desde una perspectiva intra-orgánica o microscópica, de los aspectos que han explicado al Nivel 1.

Como ya quedó indicado, en este grupo aparecen tres redes que dan cuenta de: los SOPORTES o estructuras anatómicas necesarias para que se realice una acción; los MECANISMOS o procesos que se desencadenan; y los MENSAJES que tratan de la naturaleza de la transmisión. Todas estas redes emergen de contextos particulares, el de los comentarios referentes a las acciones de ver un objeto, dar una patada y sentir dolor; por tanto los CONDUCTOS a los que se refieren son los que venimos considerando como nervios/conductos, no los nervios especiales.

Soportes

El Cuadro 12.7 muestra las frecuencias de cada categoría terminal en la muestra. Aunque N=20, la recursión de SENTIDOS (para dar cuenta de la visión y el dolor) eleva a 40 el nº de frecuencias en esta parte de la red.

Cuadro 12.7 - Los soportes de los actos corporales (N=20)



La gran acumulación de frecuencias en la categoría ORGANO (o PARTE) - CNDCTO-CRBR, tanto en SENTIDOS como en MOVIMIENTO, pone de manifiesto que la mayoría de los alumnos han conceptualizado la necesidad de un soporte con tres elementos básicos: el que realiza la acción (un ORGANO de los sentidos o una PARTE corporal que se mueve), el CEREBRO y un CONDUCTO o vía de comunicación que los pone en relación.

El CONDUCTO es reconocido como un nervio por la mayoría de los alumnos; los resultados numéricos de este aspecto son:

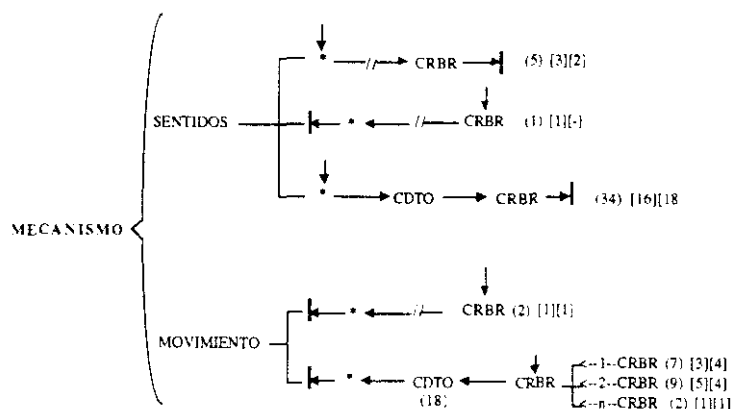
- en SENTIDOS 24 de los 34 comentarios que nombran una vía, se refieren directamente a los nervios que van del ojo al cerebro, o del pie al cerebro en el caso del dolor;
- en el MOVIMIENTO, 13 de las 18 frecuencias están referidas también a los nervios.

El pequeño número de frecuencias en las categorías que sólo hacen intervenir CEREBRO y ORGANO, indica que algunos niños conciben que determinados actos son realizados por una parte del cuerpo de modo autónomo, y el cerebro interviene como soporte cognitivo, como veremos más adelante al referir los mecanismos. En el caso de los SENTIDOS, las 6 frecuencias corresponden a 4 niños (Nº 3, 10, 11, y 16). Los dos casos del MOVIMIENTO (Nº 10 y 16), coinciden con los que han utilizado esta misma categoría para los sentidos. (Los 4 describen el SN como un sistema especial, independiente de estos otros conductos que no aparecen en todas las actividades corporales)

Mecanismos

Para los SENTIDOS, los tres tipos de mecanismos que aparecen en la red están desigualmente representados en la muestra, como indican las frecuencias en las terminales del Cuadro 12.8.

Cuadro 12.8- Los mecanismos de los actos senso-motores (N=20)



> \downarrow * \rightarrow // \rightarrow CRBR \rightarrow Las frecuencias de esta categoría las generan los niños que no plantean una vía de conexión con el cerebro. El órgano es autosuficiente para la acción y el cerebro aparece como soporte cognitivo. 4 de las 5 frecuencias aparecen en el contexto de sentir dolor; p.ej.:

"como te das con la piedra pues te duele ... choca con algo fuerte, entonces el hueso donde te has dado queda dolorido [...] y el cerebro piensa que te has hecho daño." (Nº10)

"el pié tiene unas partículas que notan el daño [al chocar] y sabes que te has hecho daño." (Nº15)

Sólo un niño emplea este mecanismo con la vista: *"los ojos lo ven (el bote) el cerebro piensa y vé que es un bote [...] si el cerebro no estuviera, sólo lo vería pero no pensaría"*. (Nº10)

- ↓
 $\leftarrow * \leftarrow // \text{--- CRBR}$
 > Sólo en un caso, y relacionado con la vista, aparece este tipo de mecanismo: "el cerebro da como órdenes a los ojos para ver el bote." (Nº3)

- ↓
 $* \rightarrow \text{CDTO} \rightarrow \text{CRBR} \rightarrow$
 > Es el mecanismo más invocado como responsable de los actos sensoriales: p.ej.: "

"El ojo ve el bote, entonces el ojo se lo comunica a las células importantes del cerebro [...] por este tubito va del ojo al cerebro". (Nº11);

"El ojo lo ve ... y el nervio del ojo lleva al cerebro la imagen". (Nº6);

"El tacto, al sentir daño ... ese dolor también va por los nervios que lo mandan al cerebro." (Nº1)

En el caso del MOVIMIENTO sólo aparecen dos tipos de mecanismos:

- ↓
 $\leftarrow * \leftarrow // \text{--- CRBR}$
 > Este primero lo plantean tan sólo un niño y una niña, que ya lo han utilizado también para los sentidos. En este caso lo expresan así:
 "Piensas que vas a dar la patada y la pierna la da". (Nº10)
 "El cerebro sabe que quiere dar la patada y el pié la da. Al ver el bote el cuerpo ya sabe lo que tiene que hacer". (Nº16)

- ↓
 $\leftarrow * \leftarrow \text{CDTO} \leftarrow \text{CRBR}$
 > Este mecanismo acumula las 18 frecuencias restantes de la muestra. En términos generales los niños afirman que:

"el cerebro decide dar la patada y le manda la orden a la pierna por un nervio"

Esta categoría se ha subdividido en otras más finas en función del nº de órdenes que los niños implican en el mecanismo:

- > <--1--CRBR: un 35% explican este mecanismo señalando que basta una orden para que la pierna realice todo el movimiento: lo expresan así:

"La orden del cerebro le dice a la pierna, tú muévete hacia atrás para coger carrerilla y luego la impulsas hacia adelante y le das mas fuerte". (Nº11)

"El cerebro manda una orden de dar la patada; la orden dibuja todo lo que quiere hacer". (Nº6)

"El estímulo del cerebro lleva a la pierna la información para dar la patada". (Nº5)

> <--2--CRBR: un 50%, quizás condicionado por las dos viñetas del dibujo, hace intervenir dos ordenes sucesivas del cerebro hacia la pierna:

"El cerebro manda a los músculos de la pierna unos impulsos nerviosos, por fibras nerviosas, y se contraen y la pierna va hacia atrás. Luego manda otro impulso nervioso y la pierna se va hacia adelante". (Nº20)

> <--n-- CRBR: Tan sólo un alumno y una alumna explicaron que son necesarias muchas señales del cerebro a la pierna para realizar este movimiento:

"el cerebro le va mandando continuamente señales (a la pierna) y la pierna se va moviendo". (Nº4)

"Para dar la patada harían falta muchas órdenes (del cerebro a la pierna) porque es como si fuera una película y tendría que ir poco a poco pero rápido". (Nº19)

Por motivos de simplificación no se han recogido en las redes anteriores comentarios de los alumnos en los que aparecen ideas más afinadas sobre componentes más específicos del SOPORTE, en los que se inicia o finaliza un MECANISMO. Los referimos aquí brevemente.

Cuando hablan del dolor, un 50% de los alumnos señalan que la piel tiene unas "cosas" responsables de iniciar el mecanismo de transmisión; p. ej.:

"en la piel hay unos receptores del daño ... del tacto y esas cosas". (Nº20)

"las células del tacto tienen una sensación diferente (al chocar) de la que suelen tener en situación normal". (Nº17)

La otra mitad sólo se refieren al pie en general y algunos especifican que el dolor lo sienten los huesos.

A la mayoría les basta con señalar que los mensajes de dolor tiene que llegar al cerebro: sólo tres alumnos especifican que llega a una zona del cerebro donde va el dolor o "lo del tacto"

En el mecanismo de la visión, todos los alumnos señalan el ojo como desencadenante del mecanismo; en muy pocos casos nombran la intervención de la luz y no señalan ninguna parte específica del ojo. La mayoría, sin embargo, dicen que lo que el ojo ve llega a una parte del cerebro que "es la que recibe todo lo de la vista".

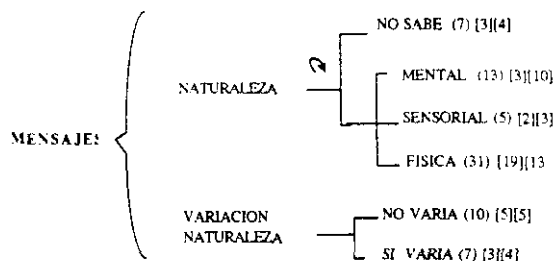
Al comentar el movimiento de la pierna, todos señalan que se inicia en el cerebro por la decisión de dar la patada. La orden del cerebro llega a lugares de la pierna más o menos específicos como: a los músculos para que se contraigan o estiren (35%); a los huesos (10%); a las articulaciones (20%) o a la pierna en general (35%).

Estos comentarios dan idea del nivel de los alumnos en relación a la necesidad de invocar estímulos y receptores específicos para desencadenar un determinado mecanismo, así como la exactitud del destino de los mensajes que hacen intervenir en el mismo.

Mensajes

La red MENSAJES tiene N=19 ya que un niño (Nº10) no ha conceptualizado en ningún caso algún tipo de comunicación entre el cerebro y las diferentes partes del cuerpo. El Cuadro 12.9 muestra las tendencias de la muestra sobre la NATURALEZA y VARIACIONES de la información que vehiculan los mecanismos descritos.

Cuadro 12.9- La naturaleza de los mensajes (N=19)



> Las 7 frecuencias de NO SABE corresponden a 3 alumnos que dicen no saber lo que son ninguno (2 niños) o alguno (1) de los mensajes que nombran en sus explicaciones.

> 23% de las frecuencias describen los mensajes como algo MENTAL: en general se describen como ideas o pensamientos; p.ej.:

"la imagen del bote es lo que va (por los conductos) al cerebro". (Nº3)

"por los nervios se transmite la imagen del bote". (Nº2,6,8)

"a la pierna se le transmite la idea del movimiento que tiene el cerebro".(Nº2)

"el pensamiento del movimiento va por los nervios".(Nº16)

> En otros comentarios, (9%) la naturaleza de lo que se transmite se expresa en términos SENSORIALES; p.ej.:

"lo que viaja por el nervio son sensaciones" (Nº9)

"el mensaje es una sensación".(Nº7)

> El 54% de las explicaciones sobre los mensajes se expresan en un lenguaje metafórico. Los niños hacen los comentarios señalando habitualmente que lo que viaja por el nervio es como...; y lo que sigue es siempre algo materializable; por esto lo encuadramos en la categoría FISICA.

Aunque no se ha desarrollado más esta última categoría, es interesante hacer alguna apreciación sobre las expresiones utilizadas por los niños. Las palabras más utilizadas para describir la naturaleza de los mensajes son:

impulsos eléctricos	bolitas
chasquidos	chispas
fuerzas	neuronas
temblor	cositas
contracción	partículas
golpes	
corrientes eléctricas	

Las dos columnas indican conceptualizaciones de distinta naturaleza. La de la derecha (bolitas, chispas...) son entes independientes de la vía que recorren; tienen por así decirlo, entidad propia. La columna de la izquierda son expresiones de fenómenos que no se pueden aislar del conducto que les sirve de soporte (impulsos, contracciones...).

En este aspecto no podemos ir más allá de poner de manifiesto la coexistencia de estos dos tipos de "metáforas", pero parecía interesante señalar su existencia antes de la instrucción formal sobre el SN, para seguir su desarrollo una vez que los alumnos se han familiarizado con este sistema.

La categoría que acabamos de describir nos explicita las ideas sobre qué son estos mensajes que se transmiten y las tendencias principales en la muestra, pero

no señala si cada alumno atribuye la misma o diferente naturaleza a los distintos mensajes de los que habla. Esta consistencia es la que pone de manifiesto la categoría VARIACION NATURALEZA.

- > NO VARIA. 10 de los 17 niños que concretan qué son los mensajes, les atribuyen siempre la misma naturaleza; tanto si se refieren a las órdenes del movimiento, como al dolor o a la visión; p. ej.:

"por los nervios lo que viaja son las neuronas un poco irritadas y llegan y ¡chas! dan la señal". (Nº17)

"por el nervio del ojo viajan impulsos nerviosos, son como electricidad que llega al cerebro y el cerebro lo interpreta" (Nº20)

"el cerebro con otros impulsos nerviosos manda a los músculos para mover la pierna" (Nº20)

"los receptores del pie se aplastan y manda una señal, como una corriente eléctrica, al cerebro" (Nº20)

"los ojos le comunican al cerebro por un tubito (...) es como si temblara el tubito y ese temblor pasa a las células del cerebro" (Nº11)

"el cerebro le manda el mensaje por los tubos de que se mueva para dar la patada (...) también es como un temblor"(Nº11)

"cuando te haces daño sería como otro temblor (...) se lo pasan al cerebro unos tubitos" (Nº11)

- > Los 7 alumnos restantes adjudican naturaleza diferente a distintos tipos de mensajes; p. ej.:

"el ojo transmite al cerebro la imagen del bote". (Nº8)

"por el nervio van órdenes a la pierna para que dé la patada (...) las órdenes son como golpes". (Nº8)

"el dolor se transmite por el nervio (...) por el nervio viajan como vibraciones que van al cerebro" (Nº8)

"por el nervio va la imagen de la lata" (Nº18)

"por el conducto viaja como una corriente eléctrica, como un chasquido que va a la pierna" (Nº18)

"los nervios de los huesos van transmitiendo como un ruido que hacen al chocar y como el cerebro es muy sensible, el cerebro siente el dolor" (Nº18)

12.2- Modelos mentales del SN

Hasta aquí hemos analizado las respuestas de los 20 alumnos en función de las categorías de las redes originadas por el conjunto de la muestra. Tenemos por tanto las tendencias que se dan en este grupo de alumnos. Cabe ahora preguntarse si ciertas categorías de los tres grupos de redes aparecen unidas en las ideas de los alumnos con cierta sistematicidad, como para pensar que puedan conformar modelos mentales del SN.

Tomamos como punto de partida los componentes que configuraban los modelos mentales: la topología del sistema, la función general atribuida, y el mecanismos de ejecución del sistema. Esto nos llevó a centrarnos en las partes de las redes que se refieren a estas cuestiones desde una perspectiva orgánica, dejando de momento las categorías que hacen referencia a niveles sub-orgánicos o celulares (MATERIALES de la red de ARQUITECTURA y MENSAJES de la red de MECANISMOS).

Se desarrollaron los paradigmas personales de los 20 alumnos correspondientes a cada grupo de redes descritas: ARQUITECTURA del SN, ACTIVIDADES/FUNCIONES y MECANISMOS. En cada red, el paradigma de un estudiante corresponde a su modelo personal, en el contexto de los posibles paradigmas que se pueden generar.

En primer lugar se realiza el análisis de los paradigmas de los alumnos que corresponde a cada componente del modelo mental; esto nos proporciona los modelos que se dan en la muestra sobre:

- la topología del SN ----> paradigmas de las redes sobre Arquitectura del cerebro, nervios y SN;
- la función atribuida ----> paradigmas de las redes Actividades/ Funciones, categorías relativas a las funciones; y
- mecanismos de ejecución ----> paradigmas de las redes Mecanismos más la categoría actividades de las redes Actividades/funciones.

En segundo lugar se buscan las relaciones de coherencia interna que existen entre los tres tipos de modelos parciales generados por cada alumno; esto nos puede proporcionar los modelos mentales del SN que cada alumno tiene, y permite que se ponga de manifiesto si hay modelos compartidos por varios sujetos.

Finalmente, plantearemos la consistencia/inconsistencia en el uso de dichos modelos en situaciones diferentes de las utilizadas para generarlos (la parte de la entrevista que denominamos "sobre ejemplos").

12.2.1- Los componentes de los modelos mentales

La topología del sistema

Los paradigmas generados por cada alumno en las redes relativas a la ARQUITECTURA DEL SN nos proporcionan los modelos que aparecen en la muestra sobre la topología que configuran los elementos del SN que estos alumnos parecen poner en juego. Un análisis comparativo de los paradigmas de los 20 estudiantes pone de manifiesto los modelos siguientes.

Un primer modelo, común a 7 alumnos, responde al paradigma siguiente:

```
CEREBRO (PATRON (FORMA REDONDEADA ))
NERVIOS (PATRON (CONEXION CEREBRO (SI))
          (DISTRIBUCION (CONEXIONADOS)))
          (ELEMENTOS (TUBOS))
SN      (COMPONENTES (NERVIOS))*
```

Otro modelo, que agrupa a 6 alumnos, se diferencia del anterior únicamente en los elementos que los alumnos integran en el SN (categoría señalada con *). Tiene el paradigma:

```
CEREBRO (PATRON (FORMA REDONDEADA ))
NERVIOS (PATRON (CONEXION CEREBRO (SI))
          (DISTRIBUCION (CONEXIONADOS)))
          (ELEMENTOS (TUBOS))
SN      (COMPONENTES (CEREBRO + NERVIOS))*
```

La diferencia entre estos dos paradigmas se debe a que los alumnos que tienen el primero consideran que el SN es una denominación que se reserva para los nervios, mientras que los del segundo paradigma la aplican al conjunto de cerebro más nervios. Es una diferencia de nomenclatura, pero la topología es la misma en ambos casos: una red de conductos unida al cerebro.

En 4 de los 7 alumnos restantes aparece un doble sistema en el cuerpo, debido a que han conceptualizado, por un lado, unos conductos relacionados con el

cerebro -que no consideran como nervios-, y además, otras estructuras a las que sí denominan nervios y que son independientes de las anteriores. Esta diferenciación se representó en las redes de ARQUITECTURA NERVIOS con las categorías NERVIOS/CONDUCTOS y NERVIOS ESPECIALES. Estos sujetos consideran el SN formado por estos nervios especiales; en la red ARQUITECTURA SN--COMPONENTES corresponden a la categoría OTRAS ESTRUCTURAS.

En términos generales, el paradigma representativo de este grupo es:

CEREBRO (PATRON (FORMA REDONDEADA))
 CONDUCTO (PATRON (CONEXION CEREBRO (SI))
 (ELEMENTOS (TUBOS))
 NERVIOS ESPECIALES (PATRON (CONEXION CEREBRO (NO) (SI))
 (DISTRIBUCION (CONEXIONADOS) (INCONEXOS))
 (ELEMENTOS (TUBOS) (PIEZAS))
 SN (COMPONENTES (OTRAS ESTRUCTURAS))

Este paradigma representa un doble sistema, cada uno con su topología específica. (Figuras 12.7 y 12.8) que corresponden a las categorías:

Sistema 1 --> CEREBRO + CONDUCTOS

Sistema 2 --> SN (NERVIOS ESPECIALES, sólo o con otras estructuras corporales)

La topología del sistema 1 es común a los 4 alumnos: tubos que van del cerebro a diferentes partes del cuerpo. La del sistema 2 es más idiosincrática ,pero podemos diferenciar dos tendencias, determinadas por la estructura que le atribuyen al SN, que se pueden representar por los paradigmas siguientes.

Una primera tendencia (Almn. Nº 3, 18)

NERVIOS ESPECIALES (PATRON (CONEXION CEREBRO (NO) (SI))
 (DISTRIBUCION (INCONEXOS))
 (ELEMENTOS (TUBOS) (PIEZAS))

SN : (COMPONENTES (OTRAS ESTRUCTURAS (ELEMENTOS SUELTOS))

Las Figuras 12.1 b y 12.8 a corresponden a alumnos con esta topología del SN.

La segunda tendencia (Almn. N° 15 y 19):

NERVIOS ESPECIALES (PATRON (CONEXION CEREBRO (NO) (SI))
(DISTRIBUCION (CONEXIONADOS))
(ELEMENTOS (TUBOS) (PIEZAS))

SN : (COMPONENTES (OTRAS ESTRUCTURAS (SISTEMA ESPECIAL))

La Figuras 12. 7a y 12.8 b corresponden a alumnos con esta topología del SN.

De los tres alumnos restantes, dos, N° 11 y 16, representan un solo sistema, que denominan sistema nervioso, pero tiene las características de los que hemos denominado SN Especial (Figura 12.1a y 12.7b). Su paradigma es:

SN (COMPONENTES (OTRAS ESTRUCTURAS (SISTEMA ESPECIAL))

Por último, un alumno no ha conceptualizado nervios como elementos materiales del cuerpo, ni tampoco conductos relacionados con el cerebro, habla de la existencia de un SN: " *Son unos órganos que están por todo el cuerpo*" (N°10) pero no lo dibuja ni localiza. Su paradigma es:

CEREBRO (PATRON (FORMA REDONDEADA))
SN ¿? (COMPONENTES (OTRAS ESTRUCTURAS (ELEMENTOS SUELTOS)))

Tenemos por tanto cuatro concepciones topológicas generales: un sistema único en el que cerebro y nervios se relacionan, un SN especial, dos sistemas y no sistema (sólo cerebro). En la segunda concepción se pueden considerar dos subgrupos, según el tipo de SN representado. En la Tabla 12.1 se resumen estas topologías.

La primera columna designa el modelo y los alumnos que lo comparten; la segunda describe las características básicas del modelo; la tercera señala matices de estas características básicas que explicitan algunos de los alumnos. Parece interesante destacar estos matices porque, siendo aspectos que en este momento no distorsionan las características básicas de la topología, podrían ser elementos importantes para la evolución posterior de estos modelos.

Tabla 12.1- Modelos topológicos del SN (N= 20)

ALUMNOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MATICES MORFOLOGICOS
Alumnos: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 20 UN SISTEMA (13)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos. 	<ul style="list-style-type: none"> - En algunos casos, el cerebro tiene partes con funciones diferentes, aunque no se localizan topográficamente. - En algunos dibujos, los nervios se ramifican a partir de un eje que se reconoce o no como médula espinal.
DOBLE SISTEMA	Un sistema formado por: <ul style="list-style-type: none"> • El cerebro con forma redondeada • Unos conductos conectados al cerebro Otro sistema: SN Especial	<ul style="list-style-type: none"> - Los conductos conectados al cerebro pueden ser identificados con venas, pero nunca con nervios. - El cerebro no forma parte del SN Especial
Alumnos: 3, 18	SN Especial constituido por: <ul style="list-style-type: none"> • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo 	
Alumnos 15, 19 (4)	SN Especial constituido por: <ul style="list-style-type: none"> • Nervios interrelacionados de modo diverso 	<ul style="list-style-type: none"> - El corazón puede estar relacionado con este SN Especial
Alumno: 11, 16 UN SN ESPECIAL (2)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada • Hay un SN Especial formado por: <ul style="list-style-type: none"> (11) <ul style="list-style-type: none"> - un órgano central en el abdomen (con células como las del cerebro) - unos conductos que van a partes del cuerpo que se mueven - poco clara la conexión de este sistema con el cerebro (16) <ul style="list-style-type: none"> - nervios, que están dispersos por el cuerpo y en el cerebro 	<ul style="list-style-type: none"> - El cerebro no forma parte del SN Especial aunque le manda órdenes - Los nervios son estados psicológicos, no entidades materiales - El cerebro es de nervios
Alumno: 10 NO SISTEMA (1)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios no son entidades materiales sino estados psicológicos. • El SN no se representa, pero se dice que está por el cuerpo. 	<ul style="list-style-type: none"> - No aparece ningún tipo de conductos

La función del SN

El segundo aspecto que considerábamos en el modelo mental de cada alumno es la función general que le atribuyen a la topología expresada.

Poner de manifiesto los modelos de funciones de la muestra supone analizar los paradigmas que aparecen en la categoría FUNCIONES del SN, esto es, cuando los alumnos se refieren al conjunto de la estructura topológica actuando en el cuerpo en términos generales.

Comenzamos por indagar las posiciones de los 13 alumnos que compartían el modelo topológico que hemos denominado UN SISTEMA. Tuvimos además en cuenta que existía la variante SN = NERVIOS y SN = NERVIOS + CEREBRO en la topología de estos 13 estudiantes, por si se daban diferencias fundamentales en las funciones atribuidas a cada variante y entonces sería cuestionable considerarlas como una única topología.

Aparecen en los alumnos los siguientes paradigmas:

SN	SN=CRB+NERV (FUNCION (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO)	2 frs.
	(SENTIR Y REACCIONAR)	3 frs.
	(TRANSMITIR-DIRIGIR)	1 frs.
SN=NERV/CNDCT	(FUNCION (TRANSMITIR A CEREBRO)).....	6 frs.
	(FUNCION (ANTERIOR+NERVIOSISMO).....	1 frs.

Para SN= CEREBRO +NERVIOS aparecen tres paradigmas, pero, como indicamos al hacer su análisis en la descripción grupal, estos alumnos parecen relacionar al SN con la actividad general del cuerpo y sólo cuando se les pide que especifiquen lo hacen en los términos indicados en las categorías señaladas. Sentir y reaccionar, transmitir órdenes y dirigir se especifican siempre en términos de actividades cognitivas y senso-motoras.

Los alumnos que se refieren al SN= NERVIOS le adjudican la función de transmitir al/del cerebro. ¿Qué transmite? Las funciones adjudicadas al cerebro, que son para estos alumnos:

CEREBRO	(FUNCION (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO)	2 frecuencias
	(FUNCION (RELACION CON TODO)	5 frecuencias

También en este caso dejamos documentado, al hacer el análisis de estas categorías en las redes, que las explicaciones de los niños nos llevan a considerar que el "todo" a que se refieren no es diferente en su contenido de lo que expresan los que diferencian pensar + sentidos + movimiento. Por ejemplo, respuestas típicas de los que adjudican "todo" al cerebro es la de esta alumna:

A- *" El cerebro tiene todas las funciones. Si no tuvieramos cerebro no podríamos hacer nada.*

E- *¿Me dirías ejemplos de esas funciones?*

A- *Pues por ejemplo la vista; si no tuvieramos cerebro aunque veamos el objeto no lo podríamos reconocer. Luego los movimientos, si no tuvieramos cerebro no podríamos dar las órdenes. El tacto lo mismo, y el olfato.*

E- *¿Alguna cosa más?*

A- *El reconocer los objetos, el recordarlos cuando volvamos a verlos..." (Nº 13)*

Parece correcto asumir que los dos grupos de alumnos están atribuyendo el mismo tipo de función a la topología formada por el cerebro y los nervios.

Creemos por tanto que es posible interpretar las ideas de estos alumnos relativas a la función del SN diciendo que le atribuyen una acción sobre toda la actividad corporal, considerándola de modo global, pero explicitándola siempre en términos senso-motores y añadiendo el componente cognitivo que siempre refieren al cerebro.

Encontramos además que los 13 alumnos coinciden en atribuir la misma función a los nervios:

NERVIOS (FUNCIONES (NERVIOS=NER/CONDCT (TRANSMT. AL/DEL CEREBRO)))

Resumimos la función general atribuida a este modelo topológico: los alumnos que conceptualizan un único sistema formado por el cerebro y los nervios le atribuyen una función sobre toda la actividad corporal, que expresan en términos muy globales, refiriéndola siempre a aspectos senso-motores y cognitivos. A uno de los elementos de este sistema, al cerebro, lo consideran como la parte activa del mismo, y a los nervios les atribuyen una función pasiva, como rutas o canales de la actividad cerebral.

Pasamos ahora al análisis de los alumnos que han conceptualizado un DOBLE SISTEMA.

El sistema formado por el CEREYRO+CONDUCTOS tiene para estos cuatro alumnos las mismas características funcionales generales que el SN de los alumnos anteriores: los conductos son canales de comunicación del cerebro con las partes del cuerpo; el cerebro tiene funciones cognitivas y senso-motoras.

Al SN Especial que conceptualizan le atribuyen las funciones que corresponden a los paradigmas siguientes. Junto a las funciones del SN señalamos las atribuidas por cada alumno al cerebro para dejar constancia de la independencia funcional de cada uno de los dos sistemas que conceptualizan.

Los que conceptualizan un sistema de nervios inconexos y dispersos:

CEREYRO (FUNCIONES (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO))
SN ESPECIAL (FUNCIONES (NERVIOSISMO)) Almn. N° 3

CEREYRO (FUNCIONES (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO))
SN ESPECIAL (FUNCIONES (NERVIOSISMO) (OTRA (sensaciones))) Almn. N° 18

Los que representan un sistema más complejo:

CEREYRO (FUNCIONES (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO))
SN ESPECIAL (FUNCIONES (NERVIOSISMO) (OTRA (circulación))) Almn. N° 15

CEREYRO (FUNCIONES (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO))
SN ESPECIAL (FUNCIONES (OTRA (dolor))) Almn. N° 19

Los alumnos de este grupo generan cada uno un modelo de función para el SN especial que conceptualiza. La topología general del sistema que consideramos en un principio para determinar las dos tendencias (elementos sueltos o estructura compleja). no parece suficiente para determinar su función; ésta parece relacionarse con la topología específica que se concibe.

Se pueden caracterizar estos modelos de funciones por contraste con los del grupo anterior. Las funciones atribuidas por estos alumnos a los SNs especiales nunca coinciden con las que atribuyen los 13 anteriores al SN; y el cerebro nunca forma unidad funcional con estos SN especiales. Sin embargo, las funciones atribuidas a la topología cerebro+conductos son más parecidas a las que el grupo anterior atribuye al SN; no obstante, a nivel individual, ningún alumno atribuye a

esta topología dichas funciones, como los niños del grupo anterior: la relacionan sólo con aspectos motores, o sólo con sensoriales, o con aspectos sensoriales concretos (sólo dolor, sólo vista).

Los modelos de dos alumnos con un SN ESPECIAL son los siguientes:

El N° 11, con una topología constituida por un solo sistema, que recuerda más un SN especial, le atribuye la función del movimiento. Este sistema recibe a su vez las "órdenes" del cerebro, con el que no acaba de quedar clara su conexión, parece que es únicamente de tipo cognitivo. Los nervios son, para este niño, estados psicológicos.

El N° 16 relaciona el SN con la circulación de la sangre: es independiente del cerebro, pero el cerebro está hecho de nervios y se relaciona con diversas actividades, pero sólo como soporte cognitivo.

Por último, el NO SISTEMA (N°10) sólo representa el cerebro, que relaciona con el dolor y el movimiento, pero siempre por vía cognitiva: el cerebro lo piensa; no requiere ningún tipo de comunicación física con el resto el cuerpo. El SN es "algo que hay por el cuerpo", que relaciona con el nerviosismo, pero que no representa.

La Tabla 12. 2 sintetiza los modelos de funciones atribuidas, relacionandolas con cada topología.

Tabla 12.2- Modelos de funciones (N=20)

ALUMNOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE FUNCIONES
Alumnos: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 20 UN SISTEMA (13)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos. 	<p>-> Este sistema tiene influencia en "toda" la actividad corporal, considerada de modo global. La expresan en términos senso-motores y cognitivos.</p> <p>Nervios y cerebro forman una unidad funcional</p>
DOBLE SISTEMA (5) Alumnos: 3, 18 Alumnos: 15, 19	<p>Un sistema formado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El cerebro con forma redondeada • Unos conductos conectados al cerebro <p>Otro sistema: SN Especial</p> <p>SN Especial constituido por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo <p>SN Especial constituido por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nervios interrelacionados de modo diverso 	<p>-> El sistema de cerebro-conductos se relaciona con actividades sensoriales y/o motoras, pero no de modo consistente.</p> <p>-> La función del SN especial nunca se relaciona con las del cerebro</p> <p>-> (3) SN se le atribuye solo el nerviosismo</p> <p>-> (18) SN relacionado con el nerviosismo y "sensaciones" (ej.: alegría)</p> <p>-> (15) SN relacionado con el nerviosismo y la circulación sanguínea.</p> <p>-> (19) SN se le atribuye el captar el dolor</p>
Alumno: 11, 16 UN SN ESPECIAL (2)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada • Hay un SN Especial formado por: <p>(11)</p> <ul style="list-style-type: none"> - un órgano central en el abdomen con células como las del cerebro - unos conductos que van a partes del cuerpo que se mueven - poco clara la conexión de este sistema con el cerebro <p>(16)</p> <ul style="list-style-type: none"> - nervios, que están dispersos por el cuerpo y en el cerebro 	<p>-> (11) SN relacionado con el movimiento</p> <p>El cerebro relacionado con la función del SN</p> <p>-> (16) SN relacionado con la circulación sanguínea</p>
Alumno: 10 NO SISTEMAS (1)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada • Los nervios no son entidades materiales sino estados psicofísicos. • El SN no se representa, pero se dice que está por el cuerpo. 	<p>-> El cerebro se relaciona con actividades senso-motoras, pero por vía cognitiva.</p> <p>-> El SN, no representado está relacionado con el nerviosismo.</p>

Mecanismos de ejecución

Describir el funcionamiento de un sistema requiere poner de manifiesto cuál es la actividad específica de cada componente y cómo se relacionan entre sí para ejecutar, en casos concretos, la función general que se le atribuye.

En el caso del SN, los alumnos hablan de las **ACTIVIDADES** del cerebro y los nervios en el contexto de acciones que se les pide que describan con detalle, durante la primera parte de la entrevista; estas actividades se recogen en categorías de la red de **ACTIVIDADES Y FUNCIONES**. El funcionamiento conjunto del cerebro y los nervios en la realización de dichas actividades corresponde a la categoría **Mecanismos** de las redes sobre **MECANISMOS DE FUNCIONAMIENTO**. Hemos traído también la categoría **Soporte** en este momento para no perder la referencia del modelo topológico que cada niño ha conceptualizado, actuando ahora en situaciones concretas.

Las categorías de las redes para dar cuenta de los mecanismos de ejecución de las topologías representadas por cada alumnos son, por tanto, las siguientes:

SOPORTE	(SENTIDOS ()) (MOVIMIENTO ())
ACTIVIDADES	(CEREBRO ()) (NERVIOS ())
MECANISMOS	(SENTIDOS ()) (MOVIMIENTO ())

Comparando los paradigmas generados por los 20 alumnos encontramos los modelos que describimos a continuación.

Al grupo de los 13 alumnos que tienen el mismo modelo topológico y de función le corresponde el paradigma siguiente en las redes:

SOPORTE	(SENTIDOS (ORGANO---NERVIO---CEREBRO)) (MOVIMIENTO (PARTE---NERVIO---CEREBRO))
ACTIVIDADES	(CEREBRO (RECIBE MENSAJES)(MANDA ORDENES)(PIENSA)) (NERVIOS (LLEVAR MENSAJES))
MECANISMOS	<div style="text-align: center;"> <pre> ↓ SENTIDOS (• → NERVIO → CRBR → •) ↑ ↓ (MOVIMIENTO (• ← NERVIO ← CRBR ← •)) ↑ ↓ </pre> </div>

Todos los niños se refieren a una estructura (soporte) formada por el cerebro, un nervio y un órgano de los sentidos o una parte corporal, según estén explicando la acción de ver un objeto o realizar un movimiento voluntario. Los niños explicaron también "sentir dolor" al chocar el pie con una roca. Este caso se asume en la

categoría Sentidos; los alumnos se referían a la piel, el músculo, u otras zonas del pie, como las primeras receptoras del golpe.

Al cerebro, en el caso de las acciones sensoriales se le adjudica siempre la actividad de "recibir" el mensaje, reconocerlo, interpretarlo y, en su caso almacenarlo. En el movimiento es el que inicia la actividad "manda la orden" y, piensa, o decide, ejecutar la acción.

La actividad de los nervios tiene un caracter pasivo, son simples vías de circulación de los mensajes y órdenes que salen o entran al cerebro. Recordemos que los consideran como tubos huecos en su mayoría.

El mecanismo tiene caracter unidireccional en todo tipo de acciones. Lo que diferencia la actividad sensorial de la motora es dónde se inicia cada una, y por tanto el sentido de la circulación de la información.

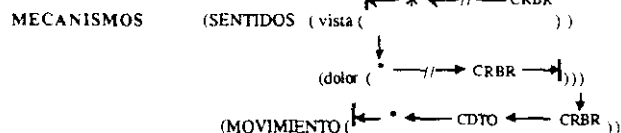
Como indicamos en el comentario de las redes, los niños no señalan con exactitud dónde comienzan o llegan los mensajes ni como enlaza el nervio con el cerebro y el órgano que hay en su otro extremo. Tampoco les resulta fácil determinar la naturaleza de la información que circula. Es decir, se manejan con seguridad en el nivel macroscópico general de la topología descrita, pero no a niveles más finos o microscópicos de los componentes particulares de la misma.

¿Qué ocurre con los 4 niños que representaban un doble sistema?. Sus paradigmas resultan muy expresivos de sus ideas sobre las topologías y funciones que hemos descrito anteriormente:

Alumno N° 3

SOPORTE (SENTIDOS (dolor y vista (ORGANO---CEREBRO))
(MOVIMIENTO (PARTE--- CONDUCTO---CEREBRO))

ACTIVIDADES (CEREBRO (MANDA ORDENES)(PIENSA))
(CONDUCTOS (no nervios (LLEVAR MENSAJES)))
(NERVIOS (OTRAS (vibrari))



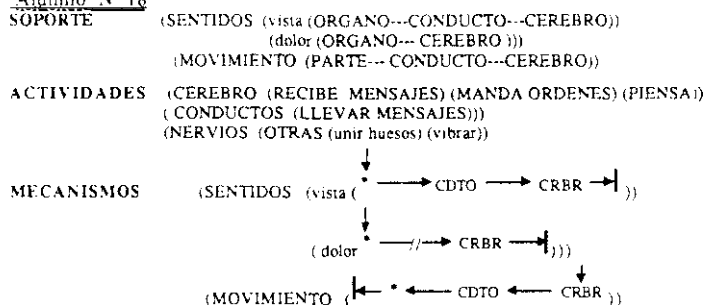
Este alumno, al explicar el mecanismo de actividades sensoriales, involucra al cerebro y a una parte del cuerpo, pero nunca requiere una mediación material entre ambos elementos.

Sin embargo, para el mecanismo del movimiento requiere un soporte continuo con el cerebro, un conducto que no pertenece al SN, y la parte que se mueve.

La actividad de los "nervios" que este alumno conceptualiza es vibrar.

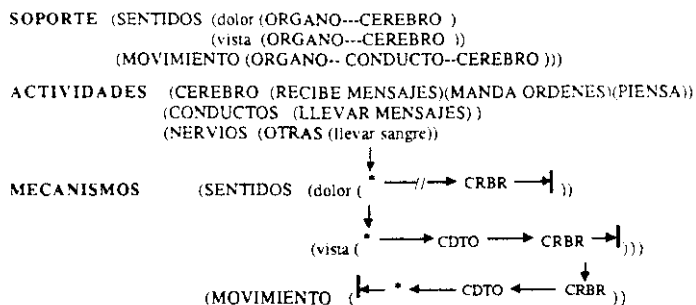
Las acciones atribuidas al SN (que se refieren al nerviosismo) las realizan directamente los nervios.

Alumno N° 18



Los nervios, muy pequeños y dispersos por el cuerpo, son para lo que denomina "otras sensaciones, como la alegría"; no se conectan con el cerebro. Los conductos que intervienen en el movimiento son venas.

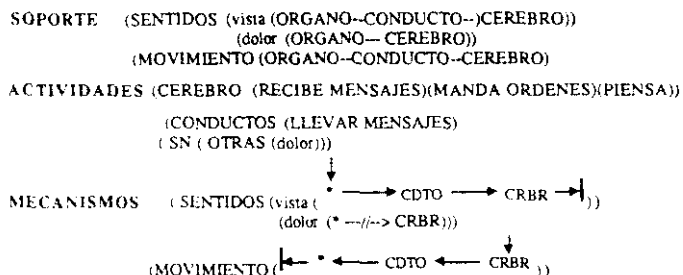
Alumno N° 15



Esta niña implica al cerebro en el dolor como órgano mental: te haces daño y el cerebro lo piensa; y en otras, inserto en un mecanismo unidireccional de soporte continuo.

Relaciona al SN con el nerviosismo y la circulación de la sangre, y estas actividades son independientes del cerebro.

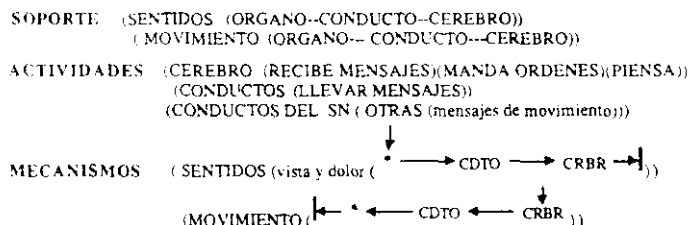
Alumno N° 19



Este alumno no habla de nervios. Ha conceptualizado un SN como una capa bajo la piel que interviene en la sensación de dolor. El cerebro "sabe" que te has hecho daño, pero no parece que intervenga de otro modo.

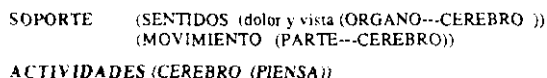
Los dos alumnos que representan un SN especial responden a los paradigmas siguientes.

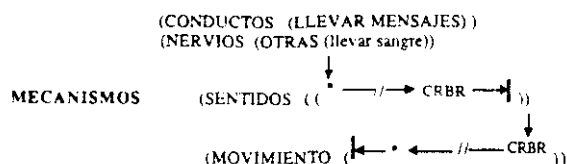
Alumno N° 11



Los conductos que forman parte de un SN especial intervienen en todo lo que se mueve. Los conductos del dolor que explicita son del SN porque al lastimarte la pierna se mueve.

Alumno N° 16





Esta niña implica siempre al cerebro como órgano mental, basta que piense la acción y la parte encargada la realiza.

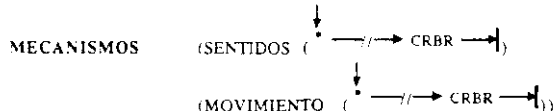
Relaciona al SN con la circulación de la sangre, y esta actividad es independiente del cerebro.

Por último, el alumno que no representa más que el cerebro:

Alumno Nº 10

SOPORTE (SENTIDOS (ORGANO---CEREBRO))
(MOVIMIENTO (PARTE---CEREBRO))

ACTIVIDADES (CEREBRO (PIENSA))



Aparte del cerebro, que interviene como órgano mental ("piensa lo que ves", "piensa que te duele", o "piensa que vas a dar la patada"), no existe ningún otro tipo de mecanismo de funcionamiento, ni de soporte, que corresponda al SN.

En el cuadro siguiente se sintetizan estos modelos, y se pone de manifiesto su relación con los modelos topológicos y de funciones de cada alumno.

Cuadro 12.3- Modelos de ejecución y su relación con modelos de funciones (N=20)

M. TOPOLG	MODELOS DE FUNCIONES	MODELOS DE EJECUCION
Alumnos: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 20 UN SISTEMA (13)	-> Este sistema tiene influencia en "toda" la actividad corporal, considerada de modo global. La expresan en términos senso-motores y cognitivos. <i>Nervios y cerebro forman una unidad funcional</i>	Modelo 1 † Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos. En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva
DOBLE SISTEMA (4)	-> El sistema de cerebro+conductos se relaciona con actividades sensoriales y/o motoras, pero no de modo consistente. -> La función del SN especial nunca se relaciona con las del cerebro ----- Alumnos 15, 19 -> (15) SN relacionado con el nerviosismo y la circulación sanguínea. -> (19) SN se le atribuye el captar el dolor Alumnos: 3, 18. -> (3) SN se le atribuye sólo el nerviosismo -> (18) SN relacionado con el nerviosismo y "sensaciones" (ej.: alegría)	Modelo 2 † El cerebro interviene, unas veces en un soporte continuo en el que el conducto nunca es un nervio; otras veces el cerebro actúa sin necesidad de intermediario Cuando hay soporte se genera un mecanismo unidireccional, según el tipo de acciones. Para las acciones sin soporte basta que el cerebro las piense y se llevan a cabo. † El SN especial nunca se relaciona con el cerebro en un soporte; la única relación que puede existir es cognitiva, pero nunca porque el cerebro "mande", sólo conoce.
Alumnos 11, 16 UN SN ESPECIAL (2)	-> (11) SN relacionado con el movimiento. <i>El cerebro relacionado con la función del SN</i> -> (16) SN relacionado con la circulación sanguínea. Cerebro no relacionado.	Modelo 1 † Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos. En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva
Alumno: 10 NO SISTEMA (1)	-> El cerebro se relaciona con actividades senso-motoras, pero por vía cognitiva. -> El SN, no representado está relacionado con el nerviosismo.	Modelo 3 † No se necesitan soportes continuos para ninguna de las actividades. El cerebro actúa mediante órdenes mentales y las partes corporales realizan las acciones.

12.2.2- Caracterización de los modelos mentales. La coherencia interna de los modelos personales

Si ponemos en relación los modelos generados por cada alumno de los tres elementos considerados, se pone de manifiesto la coherencia personal en el uso de estos tres aspectos. En ningún caso, un alumno con una representación topológica del tipo "Un Sistema" concibe que los nervios tengan funciones diferentes e independientes de las del cerebro, ni este último actúa en las acciones sensorio-motoras únicamente como soporte mental o por mecanismos "telepáticos". Los que conciben un "Doble Sistema" atribuyen a los "nervios" funciones y mecanismos independientes del cerebro, y el SN Especial es altamente idiosincrático. Y así en todos los casos.

El cuadro 12.4 resume los cinco modelos mentales que parecen existir en estos 20 alumnos, antes de la instrucción sobre el SN. Los hemos denominado 1 con una nomenclatura referida a los aspectos topológicos. Son los siguientes:

Modelo Cuasi-Escolar: lo comparten 13 alumnos. Lo nombramos de este modo porque es el modelo que más recuerda, en el conjunto de sus elementos, a lo que se plantea habitualmente en el modelo conceptual escolar. Los dos componentes topológicos principales, cerebro y nervios, forman una unidad funcional.

Modelo Doble Sistema: lo comparten 4 alumnos. Se caracteriza por la existencia de dos estructuras topológicas con funciones y mecanismos independientes. La estructura que NO ES el SN cumple en el cuerpo funciones similares, pero más reducidas, a las del SN en el modelo anterior; el SN Especial es independiente del cerebro y del sistema anterior topológicamente y funcionalmente.

Modelo de Transición: pertenece a un alumno que representa un solo sistema, más parecido morfológicamente a los SN especiales del modelo Doble Sistema, pero posee características funcionales y mecanismos de ejecución que se parecen al Cuasi Escolar.

Tabla 12.4 Características de los modelos mentales sobre el SN en 7ª de LGH (N=20)

MODELOS MENTALES	TOPOLOGIA	FUNCIONES	MECANISMO DE EJECUCION
CUASI ESCOLAR 13	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada • Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo • Considera los nervios como tubos 	<ul style="list-style-type: none"> • Este sistema tiene influencia en "toda" la actividad corporal, considerada de modo global. La expresan en términos senso motores y cognitivos Nervios y cerebro forman una unidad funcional 	<p><u>Modelo 1</u></p> <p>↑ Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos.</p> <p>En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva</p>
DOBLE SISTEMA 4	<p>Un sistema formado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El cerebro con forma redondeada • Uno o conductos conectados al cerebro <p>Otro sistema: SN Especial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo, o • Nervios interrelacionados de modo diverso 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de cerebro y conductos se relaciona con actividades sensoriales y/o motoras, pero no de modo consistente La función del SN especial nunca se relaciona con las del cerebro, ni coincide con las del grupo con modelo topológico cuasi escolar 	<p><u>Modelo 2</u></p> <p>↑ El cerebro interviene, unas veces en un soporte continuo en el que el conducto funciona como un nervio, otras veces el cerebro actúa sin necesidad de intermediario</p> <p>Cuando hay soporte se genera un mecanismo unidireccional, según el tipo de acciones. Para las acciones sin soporte hasta que el cerebro las piense y se lleven a cabo</p> <p>El SN especial nunca se relaciona con el cerebro en un soporte, la única relación que puede existir es cognitiva, pero nunca por que el cerebro "mande", solo conoce</p>
TRANSICION 1	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada • Hay un SN Especial de nervios y órganos 	<ul style="list-style-type: none"> • SN relacionado con el movimiento (funciones más parecidas a las del SN cuasi escolar, pero parcial) El cerebro relacionado con la función del SN 	<p><u>Modelo 1</u></p> <p>El mismo mecanismo que los del modelo Cuasi escolar</p>
SN ESPECIAL 1	<ul style="list-style-type: none"> • Hay un SN Especial de nervios dispersos por el cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • SN relacionado con la circulación sanguínea (función más parecida a las de SNs especiales) 	<p><u>Modelo 3</u></p> <p>↑ No se necesitan soportes continuos para ninguna de las actividades</p>
FANTASMA 1	<ul style="list-style-type: none"> • No hay "sistema" sólo representa el cerebro como una forma redondeada 	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro se relaciona con actividades senso motoras, pero por vía cognitiva El SN, no representado está relacionado con el nervio postumo 	<p>El cerebro actúa mediante órdenes mentales y las partes corporales realizan las acciones.</p>

SN Especial: lo presenta un alumno. Su morfología recuerda a los SNs especiales de los de Doble Sistema, y lo relaciona con la circulación sanguínea; no concibe otra topología extra y el mecanismo de ejecución es puramente mental para todas las actividades seso-motoras.

Modelo Fantasma: corresponde a un alumno que sólo representa el cerebro, aunque habla de un SN cuya morfología no conoce. Los mecanismos del cerebro para la actividad seso-motora son, como en el modelo anterior, mentales.

12.2.3- La consistencia de los modelos mentales personales

Los modelos descritos se ponen de manifiesto en la parte de la entrevista que denominamos "sobre situaciones", ésto es, cuando los alumnos refieren cómo se llevan a cabo determinadas acciones seso-motoras y expresan sus ideas sobre qué son el cerebro, los nervios y el SN, y qué funciones cumplen en el cuerpo humano.

Al finalizar la entrevista se les planteó a los alumnos si los elementos anteriores, tal y como cada uno los había tipificado, eran necesarios/no necesarios en la realización de una gama amplia de actividades corporales, que venían representadas en tarjetas ("entrevista sobre ejemplos"), y se les pedía una breve justificación de su respuesta. Las 13 tarjetas que se les presentaron pueden verse en el Anexo.

Como por SN no todos los alumnos entendían lo mismo, para cada tarjeta se les pidió que especificaran la intervención/no intervención del cerebro y los nervios.

Esta parte de la entrevista tenía una doble finalidad:

- 1*) Poner de manifiesto si cada alumno era *consistente* en aplicar a casos concretos nuevos el modelo que parecía guiar sus explicaciones anteriores; y
- 2*) comprobar si, en este momento, los "tipos de actividades" corporales específicas relacionadas con el SN formaban parte constituyente del modelo mental.

Se compararon las respuestas de cada alumno a las tarjetas, con su paradigma relativo a FUNCION CEREBRO y FUNCION SN. Que un alumno es *consistente* quiere decir que sus contestaciones sobre la intervención/no intervención del SN en los diversos ejemplos encajan en su descripción de las funciones y mecanismos atribuidos al cerebro y al SN en términos generales.

El problema que se nos planteó fué decidir si, en el caso de las funciones, la consistencia que buscábamos en los alumnos debía coincidir con la consistencia del experto; esto supone partir de la base que el alumno y el experto clasifican los ejemplos de acciones presentadas en las tarjetas desde el mismo punto de vista. Desde esta perspectiva lo que obtendríamos sería la cercanía de los alumnos al modelo del experto, pero no sabríamos cuáles son los criterios utilizados por los alumnos.

Asumir la segunda perspectiva, ésto es, buscar los criterios que subyacen en las contestaciones de los alumnos, supone tratar de identificar si existe algún elemento que da coherencia interna en las contestaciones de cada alumno a los diferentes ejemplos. Por ejemplo, dos actividades que un experto consideraría en la misma categoría en relación al SN, como parpadear y estornudar (actos reflejos), pueden ser consideradas por un alumno como diferentes, porque "el parpadeo lo puedes parar si quieres y el estornudar no depende de tí"; otras veces pueden ser consideradas iguales, pero por criterios diferentes, "no son lo normal". En este último caso, estornudar y parpadear se agrupan con el latido rápido del corazón, que "tampoco es lo normal", y forman una categoría diferente del latido normal del corazón o los movimientos respiratorios, "que son normales".

Estos ejemplos, que corresponden a datos de la muestra, ponen de manifiesto que la categorización de la actividad corporal que realizan los alumnos para relacionarla con el SN o el cerebro (y que está implícita en ellos), se guía por unos criterios diferentes de los que establecería un conocedor del tema. A partir de estas categorizaciones, los alumnos parecen actuar aplicando ciertas "restricciones" a la intervención del SN que habían proclamado con anterioridad.

Desde esta perspectiva, los modelos mentales que hemos descrito podrían estar relacionados con la existencia de regularidades en las restricciones impuestas por los alumnos a la función del SN/CEREBRO. Esto es, si determinados modelos generan el mismo tipo de restricciones, podríamos decir que

estas restricciones pueden presumiblemente ser un nuevo elemento constituyente del modelo mental.

Veamos algunos ejemplos de cómo aplican los alumnos las funciones atribuidas al cerebro y SN a los ejemplos concretos. Pero antes señalaremos la posición de todos los alumnos, sin excepción, ante dos tarjetas: las que se referían a la curiosidad y la alegría.

Los 20 alumnos hacen intervenir el cerebro en estos dos casos, todos señalan "eso lo siente el cerebro", "eso es del cerebro"; pero la mayoría expresa problemas para encajar los nervios o el SN en este tipo de ejemplos, si no es recurriendo a acciones que acompañan a la expresión de estos sentimientos. Por ejemplo: algunos buscaban relacionar el estar alegre con el reírse y mover la boca y así lo asociaban al movimiento; otros hacían intervenir los sentidos. "sientes curiosidad porque has visto u oído algo que te intriga", etc.

Los alumnos se dan cuenta de que estos dos ejemplos de actividades son de naturaleza diferente al resto de los planteados, y tienen dificultades con ellos. Si elimináramos de momento estos dos casos, parecían emerger algunas coincidencias que podían resultar interesantes. Decidimos, por tanto, no tener en cuenta las respuestas a estas tarjetas.

ALUMNO Nº 1/ Tiene un modelo mental Cuasi Escolar. Su paradigma de funciones del cerebro y SN, y la intervención en los ejemplos de las tarjetas, es el siguiente:

CEREBRO	(FUNCION (PENSAR+SENTIDOS +MOVIMIENTO)
SN	(FUNCION (TRANSMITIR CEREBRO)
TARJETAS	CEREBRO interviene: en todas menos procesos internos SN interviene: en todas menos procesos internos

Justifica las intervenciones porque hay algún tipo de movimiento y el cerebro lo manda por un nervio, o es un sentido, y las partículas van por el nervio al cerebro para que lo reconozca. La no intervención en los procesos internos la explica señalando otros mecanismos independientes del SN, por ejemplo: *"en el paso de gases no interviene el cerebro ni el SN porque es de los glóbulos rojos que pasan por los pulmones y cogen el gas"*

ALUMNO Nº 12/ También con modelo Cuasi-Escolar. Su paradigma de funciones del cerebro y SN, y la intervención de ambos en los ejemplos, es el siguiente:

CEREBRO	(FUNCION (RELACION CON TODO))
---------	-------------------------------

SN (FUNCION (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO))

TARJETAS: CEREBRO interviene: en todos los ejemplos
SN interviene: en todos los ejemplos

Siempre justifica la intervención porque el cerebro manda órdenes por los nervios para la acción correspondiente. Los únicos ejemplos que necesitarían aclaración para la consistencia de este alumno son los que se refieren a la intervención del SN en los que hemos denominados procesos internos (paso de gases y de alimentos). El niño lo justifica desde el hecho de que "pasar" implica movimiento.

ALUMNO N° 8/ También del modelo Cuasi-Escolar. Su paradigma de funciones del cerebro y SN, y la intervención en los ejemplos, es el siguiente:

CEREBRO (FUNCION (RELACION CON TODO))
SN (FUNCION (TRANSMITIR CEREBRO))

TARJETAS: CEREBRO interviene en todas menos: movimientos
órganos internos y procesos internos;
SN interviene en todas menos: movimientos órganos
internos y procesos internos

La intervención la justifica siempre por vía órdenes de movimiento del cerebro por los nervios o sentidos. Las restricciones a la participación del cerebro en ciertos "movimientos" (corazón o mvts. respiratorios) y procesos internos, la justifica señalando que lo que hacen siempre otros órganos lo hacen por su cuenta, no es el cerebro el que lo ordena.: *"el corazón late por su cuenta, el cerebro no le manda órdenes para que lata"*

ALUMNO N° 7/ También Cuasi-Escolar. Su paradigma de funciones del cerebro y SN, y la intervención de ambos en los ejemplos, es el siguiente:

CEREBRO (FUNCION (RELACION CON TODO))
SN (FUNCION (SENTIR y REACCIONAR))

TARJETAS: CEREBRO interviene en: todos menos mvts. órganos y
procesos físicos;
SN: todo menos mvts. órganos y procesos físicos;

Interviene porque hay "reacciones", que identifica con movimientos, o "sensaciones" y es el cerebro el que las manda o siente por los nervios. La restricción la justifica señalando que lo que es de otros órganos no es del SN, no son "reacciones".

ALUMNO N° 10/ Corresponde al modelo mental fantasma. Su paradigma de funciones y la intervención del cerebro y SN en los ejemplos es el siguiente:

CEREBRO (FUNCION (PENSAR))
 SN (FUNCION (NERVIOSISMO))
 TARJETAS: CEREBRO interviene en: sentidos, movto. voluntario
 y actos complejos.
 SN interviene en: latido rápido del corazón, dependiendo
 de la situación

Puede parecer una inconsistencia el relacionar en los ejemplos al cerebro con el movimiento y los actos complejos; sin embargo, este alumno justifica esta intervención señalando que se necesita "porque hay que pensar o se piensa". No participa donde no hay que pensar, porque es de otros órganos.

Los nervios intervienen en el latido rápido. Señala: "si tu estás muy nervioso y te empieza a latir rápido, ahí podría ser el SN, pero si es por correr o saltar, yo creo que no". Hacia el final de los ejemplos, este niño puntualiza -tras repetir siempre que el SN no interviene- "*es que yo creo que el SN es, por ejemplo, para cuando estás viendo una carrera y va a perder tu caballo y pues te pones nervioso*".

ALUMNO N° 15/. Corresponde al modelo doble sistema. Su paradigma de funciones y la intervención del cerebro y SN en los ejemplos es el siguiente:

CEREBRO (FUNCION (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO))
 SN (FUNCION (NERVIOSISMO)(LLEVAR SANGRE))
 TARJETAS: CEREBRO interviene en todas menos: movt. corazón
 SN interviene en: latido rápido

El cerebro interviene siempre mandando la orden por un conducto, que no es del SN. El SN interviene en el latido más rápido del corazón porque "*se necesita más sangre*", pero no en el latido normal; recordemos que esta niña ha diferenciado venas de nervios: aunque ambos se relacionan con la sangre iban a diferentes sitios. En el resto de las tarjetas no interviene el SN, "*porque no estas nerviosa ahí*".

Durante la última parte de la entrevista sobre los ejemplos algunos alumnos volvieron a repetir, de modo espontáneo, sus ideas sobre la función del SN en el cuerpo humano: retomaban su idea original matizando su significado. Por ejemplo, un niño que había asignado al SN la función de transmitir sensaciones, explicitó que el SN era para las sensaciones, no para las funciones; otro que le atribuía inicialmente el sentir y reaccionar, aclaró que estas reacciones y sentimientos del SN son los que se hacen de pronto, no lo que es vital del cuerpo.

Podríamos seguir aduciendo ejemplos para ilustrar cómo aplican los alumnos sus ideas sobre el SN en contextos particulares, pero nos parecen suficientes para poner de manifiesto, por un lado, el tipo de restricciones que emplean para explicar la función genérica atribuida al cerebro y SN en casos particulares, y por otro, se pone de manifiesto su consistencia en aplicar los modelos topológicos y de ejecución iniciales.

Tipos de restricciones

Tras analizar las respuestas de los 20 alumnos a las tarjetas buscamos si existían semejanzas en el modo de aplicar las restricciones que pudieran ir ligadas a los diferentes modelos.

Comenzamos por considerar los 13 alumnos de modelo morfológico CUASI-ESCOLAR.

Un grupo de alumnos afirma siempre la intervención de cerebro y nervios en los SENTIDOS; conocen que lo que vemos, olemos, etc., llega al cerebro a través de nervios. A partir de aquí, parecen recurrir siempre al criterio de *MOVIMIENTO* para determinar la intervención del SN en los casos particulares que se les plantean.

TODO MOVIMIENTO

De todos los que aluden al movimiento, 3 alumnos son consistentes aplicando el criterio: si hay movimiento intervienen el cerebro y los nervios. Si no lo hay, no intervienen.

Dos de estos alumnos aplican este criterio y hacen intervenir el SN en:

- | | | | |
|--------------|--------------|--------------------------|------------|
| - dar patada | - parpadear | - tomar/expulsar aire | - escribir |
| | - estornudar | - latido normal y rápido | |

El tercer alumno lo hace intervenir en los mismos casos, pero añade el de

- paso de los alimentos;

Lo justifica diciendo que cuando pasa el alimento del intestino a la sangre se tiene que mover el aparato digestivo. Sin embargo, afirma taxativamente que cuando los gases pasan a la sangre ahí no se tiene que mover ningún aparato.

Este tipo de respuestas, que en principio parecen desviaciones del criterio inicial, pero que el alumno justifica con coherencia y verosimilitud desde dicho criterio, van a ser consideradas como *desviaciones aceptables* del criterio de restricción.

ACCIONES CONTROLABLES

Tres alumnos que atribuyen al SN el movimiento establecen una restricción que podría referirse a la voluntariedad/involuntariedad de movimientos: cerebro y nervios intervienen en lo que puedes "controlar", por ejemplo:

Dos de ellos hacen intervenir cerebro y nervios en:

- dar patada - parpadear - tomar/expulsar aire - escribir
- estornudar

y explican en cada caso que podemos "controlar" estas acciones porque si quieres puedes "parar"; cosa que no puedes hacer con el latido del corazón.

La tercera los hace intervenir en:

- dar patada - parpadear - latido rápido - escribir

y utiliza los mismos argumentos que su compañeros: puedes dejar de parpadear si te lo propones; sin embargo, asegura que no puedes impedir el estornudar; por contraposición a los ejemplos de sus compañeros, puedes hacer que el corazón lata más rápido si corres, pero no puedes dejar de respirar.

Las variaciones establecidas se pueden considerar como desviaciones aceptables al criterio de "control del movimiento".

Sin embargo, estos niños utilizan también el criterio "control" para explicar que el SN no interviene en procesos internos porque no los podemos controlar, y no parecen asociarlos con movimientos. Esto puede ser indicativo de que están utilizando el criterio *CONTROL VOLUNTARIO* desde una perspectiva más amplia que los movimientos. Control sería, utilizando la redefinición de una de ellas para las funciones del SN, "lo que queremos hacer, no lo que se hace por sí sólo para vivir".

NO FUNCIONES

Un grupo de 4 alumnos, que atribuyen al SN funciones relativas a "sensaciones", "sentidos y movimiento", "sentir y reaccionar", parecen aplicar a la intervención de este sistema un tipo común de restricción: *NO ES PARA*

FUNCIONES, y por funciones entienden lo "normal", "lo que es vital", "lo que se hace siempre". Esta restricción se traduce en un patrón consistente en la no intervención de cerebro y nervios en los ejemplos que asocian a otros sistemas que conocen, y cuyo funcionamiento consideran independiente del nervioso, que en el resto de los ejemplos "manda" que se realice la acción.

Estos 4 alumnos hacen intervenir cerebro y nervios en:

- parpadear - estornudar
- patada - escribir

y nunca lo implican en lo que denominan "funciones":

- latido normal y rápido - tonar/expulsar aire
- paso de gases - paso de alimentos

Uno de ellos lo elimina también de:

- estornudar

diciendo que es un caso igual al del corazón, hay que hacerlo y no se lo pueden mandar.

Un quinto alumno corresponde a este mismo patrón de no funciones, pero establece una salvedad: si las funciones normales (latido, ritmo de la respiración) sufren una alteración, entonces sí intervienen el cerebro y los nervios.

TODO

Sólo una alumna mantuvo que el cerebro y los nervios intervienen en *TODO* lo que ocurre en el cuerpo, sin imponer ninguna restricción.

NO NORMAL

Otra alumna deja sin restricciones la participación del cerebro, pero limita el significado de las sensaciones, cuyo control adjudica a los nervios, por el criterio de "normalidad". *NO NORMAL* es aquello que se concibe como no habitual, como esporádico, y en estos casos intervienen también los nervios con el cerebro. Este criterio recuerda al de "no funciones", pero su aplicación parece ser diferente.

Cerebro y nervios intervienen en:

- dar patada
- estornudar - parpadear
- latido rápido

En todos los casos justifica que son situaciones "fuera de lo normal". Cuando se refiere a otros ejemplos, el paso de alimentos entre otros, especifica que sólo interviene el cerebro porque es una cosa que se realiza normal y corriente, y añade que si estuviéramos enfermos se produciría una reacción diferente a la normal y entonces intervendrían los nervios para avisar al cerebro.

Esta alumna, curiosamente, incluye el escribir en lo "normal", "porque se hace normal y corriente y, basta con que el cerebro lo ordene".

Los 7 alumnos que generaron los 4 modelos restantes hacen intervenir al SN en las actividades que se exponen a continuación.

Los 4 que plantean un DOBLE SISTEMA :

NERVIOSISMO

Hay 3 niños que coinciden en atribuir al SN la función del nerviosismo.

Hacen intervenir los nervios en alguno de los ejemplos que relacionan con este estado: por ejemplo: en el parpadeo, "porque te pones nervioso"; en el latido rápido, si es porque estás nervioso, si no no interviene; o en ninguno de los ejemplos porque "no te pones nervioso". Cuando interviene el SN nunca interviene el cerebro.

El cerebro puede intervenir o no en el resto de las actividades, pero si lo hace es mandando la orden por un conducto, que no es del SN.

DOLOR

El cuarto niño hace intervenir el SN

en parpadear porque *"es porque la luz te hace daño"* y también en los sentidos *"porque son sensaciones"* pero también involucra al cerebro *"porque lo sabe"*. En el resto de las acciones no interviene el SN *"porque no se siente dolor"*.

El cerebro interviene en actividades de movimiento porque lo manda por un conducto, y no interviene en procesos internos porque *"eso es del cuerpo"*.

En este caso no queda muy claro si dolor y sensaciones son considerados como semejantes.

El modelo de TRANSICION correspondía a un alumno que le atribuye al SN el movimiento y al cerebro todo. En los casos particulares,

el cerebro interviene en los sentidos; cerebro y SN intervienen en los casos donde considera que hay movimiento: escribir, estornudar, paso de gases, etc., pero no está claro su criterio de restricción al movimiento, por ejemplo, por qué considera que hay movimiento en estornudar y en el paso de gases y no en parpadear y paso de alimentos. Tampoco intervienen el cerebro y los nervios en el movimiento de órganos internos, porque se mueven solos.

El alumno que genera el modelo SN ESPECIAL señalaba como función del cerebro *el pensar y atribuía al SN la circulación de la sangre. En las tarjetas:*

el cerebro interviene en sentidos, patada, escribir, porque tienes que saberlo. El SN interviene en los movimientos de órganos internos y procesos internos porque siempre los relaciona con la sangre, por ejemplo en estornudar *"porque es como si brotase la sangre"*; en los movimientos del corazón, *"porque el corazón tiene que latir porque le llega sangre del SN"*, en el paso de gases, *"porque los lleva la sangre"*, etc.

Finalmente, para el alumno que genera el modelo mental que denominamos FANTASMA, hemos justificado con anterioridad su modelo NERVIOSISMO.

En la Tabla 12.5 se explicitan todos los criterios de restricción que acabamos de describir. Para cada criterio se señalan: en una columna las respuestas que conforman el criterio, y en otra columna las que hemos denominado *desviaciones aceptables*. Recordemos que las desviaciones aceptables corresponden a respuestas que, no siendo objetivamente coherentes con el criterio correspondiente, son consideradas como válidas por haber sido justificadas por el alumno desde dicho criterio con "pruebas" que, en cierto modo, se corresponden con su experiencia. Por ejemplo:

- los movimientos respiratorios, que de hecho son involuntarios, pueden ser considerados con cierto grado de voluntariedad porque pueden ser conscientemente alterados. Lo mismo aplica al parpadeo, y al latido rápido.
- el paso de gases y alimentos, que no tienen movimientos perceptibles, se les atribuye movimiento porque "pasar" implica movimiento, o porque atribuyen el paso al movimiento de órganos determinados.

Tabla 12. 5- Criterios de restricción en la aplicación de las funciones del SN (N=20)

CRITR. RESTRC.		APLICACION RESTRICCION	DESVIACIONES ACEPTABLES
Los nervios actúan siempre en conjunción con el cerebro, nunca independientes	Almn. Nº: 12 EN TODO	> Todas las acciones	
	Almn. Nº: 1,4,6 MOVI- MIENTO	> Todas las acciones que implican movimiento, y así se justifican: - parpadear - estornudar - latido normal / rápido - movt. respiratorios - escribir - dar patada > En los sentidos por definición. > No interviene en el resto	• Intervención en acciones sin movimiento perceptible, pero se justifica su existencia.
	Almn. Nº: 2,7,8, 14,20 NO FUNCIONES	> En : - parpadear - estornudar - dar patada - escribir > En sentidos por definición > No interviene en acciones de órganos internos, que se adjudican a otros sistemas y se consideran no controlables, independientes el SN.	• No intervención del SN, o duda, en estornudar, por asociarlo al respiratorio, o ser "no controlable"
	Almn. Nº: 5,9, 13 ACCIONES CONTRO- LABLES	> Todas las acciones que son susceptibles de control voluntario total o parcial: - dar patada - escribir - parpadear - latido rápido (atribuido al hecho de que lo produce el correr) > En los sentidos por definición > No interviene nunca en: - latido normal Ni en funcionamiento de órganos internos ni: - paso de gases - paso de alimentos	• Añadir el estornudar y los movimientos respiratorios y explicar cómo se pueden controlar.
	Almn. Nº: 17 NO NORMAL	> Acciones puntuales que se señalan como no normales: - parpadeo - estornudo - latido rápido > Sentidos por definición > No interviene en actividades de órganos o que son puntuales pero voluntarias que se consideran "normales".	

(continúa)

Cuadro 12.5 (continuación)

CRITR. RESTRC.		APLICACION RESTRICCION	DESVIACIONES ACEPTABLES
Tienden a disociar nervios de cerebro	Almn. Nº 3, 10, 15 NERVIOSISMO	> SN interviene en acciones variadas que se asocian a un estado de nerviosismo -> No interviene cuando la acción no se puede justificar desde estados psicológicos. > Cerebro interviene en algunas actividades senso-motoras a través de conductos (3, 15) o por vía cognitiva en actividades conscientes (10)	
	Almn. Nº 16 SN ESPECIAL	> SN en acciones variadas que se asocian a la sangre -> La no intervención se justifica desde la no participación de la sangre. > Cerebro interviene en actividades conscientes por vía cognitiva	
	Almn. Nº 18, 19 ¿DOLOR SENSACIONES?	> SN en acciones relacionadas con percepciones sensoriales: sentidos, dolor. > Cerebro relacionado con acciones senso motoras a través de conductos	• Este criterio está poco claro
	Almn. Nº 11 ALGUNOS MOVTS	> SN solo para algunos movimientos que le manda el cerebro > Cerebro interviene en otras acciones para controlarlas por vía mental	• No queda claro por qué en unos movimientos interviene el SN y en otros no

Sintetizando este análisis en función de los modelos mentales tenemos:

- EL grupo de 13 alumnos con el modelo mental CUASI-ESCOLAR, plantea en los casos particulares una concepción de la actuación de los nervios nunca disociados del cerebro.

En este grupo parecen perfilarse 5 tipos de restricciones referentes a la intervención del SN en la actividad corporal que hemos denominado:

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| > TODO | > ACCIONES CONTROLABLES |
| > TODO MOVIMIENTO | > NO NORMAL |
| > NO FUNCIONES | |

- El resto de los modelos mentales presentan una tendencia a disociar la intervención de cerebro y nervios, excepto el modelo de TRANSICION.

En estos modelos hemos detectado cuatro tipos de justificaciones para explicar la intervención del SN en la actividad corporal: dos de ellas se corresponden exactamente con las funciones adjudicadas en principio al SN, en las otras dos los criterios de restricción no quedan muy claros:

- > NERVIOSISMO > SENSACIONES/DOLOR (?)
> CIRCULACION > ALGUNOS MOVIMIENTOS (?)

En la Tabla 12.6 señalamos los modelos mentales, los modelos de funciones y las restricciones a estas últimas. La variedad de restricciones que aparecen en los modelos nos permite afirmar que no parece que éstas formen parte del modelo mental de cada alumno, pero son consecuencia del mismo.

Tabla 12.6- Modelos mentales y restricciones en la función del SN (N=20)

MOD. MENTALES	FUNCIONES	CRITERIOS DE RESTRICCION
CUASI- ESCOLAR (13)	<p>> Este sistema tiene influencia en "toda" la actividad corporal, considerada de modo global.</p> <p>La expresan en términos senso-motores y cognitivos.</p> <p>Nervios y cerebro forman una unidad funcional</p>	<p>INTERVIENE EN TODO (1)</p> <p>TODO MOVIMIENTO (3)</p> <p>NO FUNCIONES (5)</p> <p>ACC. CONTROLABLES (3)</p> <p>NO NORMAL (1)</p>
DOBLE SISTEMA (4)	<p>-> El sistema de cerebro+conductos se relaciona con actividades sensoriales y/o motoras, pero no de modo consistente.</p> <p>-> La función del SN especial nunca se relaciona con las del cerebro</p> <p>(3) SN se le atribuye sólo el nerviosismo</p> <p>(18) SN relacionado con el nerviosismo y "sensaciones" (ej.: alegría)</p> <p>(15) SN relacionado con el nerviosismo y la circulación sanguínea.</p> <p>(19) SN se le atribuye el captar el dolor</p>	<p>NERVIOSISMO (2)</p> <p>¿SENSACIONES/DOLOR? (2)</p>
TRANSICION (1)	<p>-> SN relacionado con el movimiento</p> <p>El cerebro relacionado con la función del SN</p>	¿QUE MOVIMIENTOS? (1)
CIRCULATORIO (1)	<p>-> SN relacionado con la circulación sanguínea</p>	CIRCULACION (1)
FANTASMA (1)	<p>-> El cerebro se relaciona con actividades senso-motoras, pero por vía cognitiva.</p> <p>-> El SN, no representado está relacionado con el nerviosismo.</p>	NERVIOSISMO (1)

Dejamos aquí estas consideraciones sobre los modelos mentales en espera de ver qué sucede tras la instrucción.

12.3 - Síntesis y discusión: las ideas adquiridas antes de la instrucción

Previo al estudio formal del SN, los alumnos de la muestra poseen un elenco considerable de ideas sobre este sistema, relativas a su estructura, funcionamiento y actividades corporales con las que se relaciona. Estos conocimientos son bastante más complejos que los que tiene los alumnos al terminar 3º de EGB. ¿De dónde provienen estas ideas?

12.3.1- Diferenciación/integración de las ideas sobre el SN

Síntesis de las ideas sobre el SN

Al finalizar 7º de EGB y sin que haya mediado la instrucción formal sobre el SN, los alumnos de esta muestra tiene sobre este sistema las ideas siguientes:

En relación al cerebro:

- El cerebro es una forma redondeada, *indiferenciada estructuralmente*, que el 55% considera organizada en unas zonas, cuya localización no saben, relacionadas con los diferentes sentidos, o con partes corporales determinadas.
- Sólo 5 alumnos relacionan de alguna manera el cerebro con células. El resto les atribuye una naturaleza genérica: "son de una material blandito".

- La actividad del cerebro consiste en recibir y mandar órdenes y pensar.

En cuanto a las funciones, un 35% de los alumnos señala la necesidad del cerebro para la *actividad cognitiva general*, para el *soporte cognitivo de los sentidos* y para "*ordenar*" el movimiento, expresado éste en términos generales. Otro 55% parecen adjudicarle una función más genérica relativa a "*todo*" lo que ocurre en el cuerpo, aunque mayoritariamente tienden a explicitar este "todo" en términos cognitivos y senso-motores.

Un 10% reduce las funciones del cerebro a *sólo aspectos cognitivos*.

- La intervención del cerebro en casos específicos se justifica, o por *necesidades cognitivas*, "para darnos cuenta de lo que vemos, olemos, etc." , " para saber lo que vamos a escribir"; o por una *función de control*, "controla el movimiento del corazón y los pulmones". En algunos casos este control tiene un fuerte *matiz*

psico-fisiológico, "controla el que se haga la digestión como debe de hacerse". "es el responsable de que el cuerpo funcione bien".

Cuando el cerebro no interviene, se justifica considerando que las acciones dependen de otros sistemas, "el latido tiene que ver con el corazón y eso es del circulatorio", "el respirar depende de otro sistema".

Los nervios:

- Los nervios son entidades materiales para el 95% de la muestra y un estado psicológico para un 5%.

Los nervios que aparecen son de dos tipos:

- un *sistema de tubos* o conductos que se extiende por todo el cuerpo y que están relacionados con el cerebro (65%);
- unos *nervios especiales*, diferentes de los conductos anteriores, y no relacionados directamente con el cerebro (30%).

- Sólo 3 alumnos (15%) relacionan los nervios con células; el resto señalan que son de un "material elástico".

- Excepto los alumnos que consideran un SN Especial, los nervios intervienen como *vías de transmisión* de mensajes en las mismas actividades que el cerebro, excepto en actividades mentales y afectivas que se atribuyen sólo al cerebro.

Los alumnos que han conceptualizado unos nervios especiales los relacionan con actividades de tipo más psicológico que senso-motor, como el nerviosismo o las sensaciones, y en un par de casos los nervios se relacionaron con la circulación de la sangre.

El SN:

- 19 de los 20 alumnos han conceptualizado una estructura que responde al término de SN. El 35% la identifican sólo con los nervios, pero señalan que está muy relacionada con el cerebro: un 30% consideran que SN es el conjunto de cerebro y nervios; y el 35% restante hace referencia a un *SN Especial*, constituido por unos nervios particulares o por otros tipos de estructuras corporales.

- En relación a las funciones que se le atribuyen, varían según su concepción del mismo. Cuando se refieren a la función del sistema en términos generales, se pueden considerar estas tendencias:

- El 30% que considera un SN formado por el cerebro y los nervios, lo relacionan con la *actividad corporal en general*, que especifican como pensar, movimiento y sentidos, o sentir y reaccionar;
- El 35% que identifica al SN únicamente con nervios o conductos, señalan como su función *transmitir al/del cerebro*.
- El 35% que imaginan un SN especial le atribuyen funciones más *idiosincráticas*, como: la circulación de la sangre, el nerviosismo o el movimiento.

Cuando tienen que decidir la intervención o no intervención del sistema en una gama variada de ejemplos, someten la función general atribuida inicialmente a una serie de restricciones, condicionadas por su modo de categorizar la actividad corporal, pero consistentes con dicha función.

El funcionamiento del sistema para poder intervenir en actividades senso-motoras se justifica de los modos siguientes:

- Un 65% explicita que hay unos *mensajes que llegan y otros que salen del cerebro a través de los nervios*, que lo conectan con las diferentes partes del cuerpo. Otro 25% explica de la misma manera el mecanismo por el que el cerebro transmite y recibe mensajes, pero los *intermediarios no son nervios*, sino unos conductos que no tienen que ver con el SN. Los nervios son estructuras relacionadas con otro tipo de actividades. Un 10% *no necesitan nunca un soporte continuo* ninguno para las actividades senso-motoras, porque basta que el cerebro piense para que se realicen determinadas actividades.
- Aunque aparecen diversos modelos para explicar los MECANISMOS, la mayoría de los alumnos (85%) piensan en términos de un *mecanismo de transmisión unidireccional* de un extremo a otro del soporte, esto es *entre el cerebro y el órgano/parte corporal, mediada por un nervio*. El sentido de la transmisión depende de dónde se origine la acción. La mayoría de la muestra diferencia unos mecanismos que van hacia el cerebro (ac. sensitivas) y otros que se inician en él (movimientos). Los casos que no han conceptualizado nervios no necesitan mecanismo; las causas externas son suficientes para desencadenar la respuesta.
- La *naturaleza de la información* que se transmite por los nervios o conductos corresponde a tres tipos: *mental* (23%), circulan ideas, imágenes; *sensitiva* (9%),

por los nervios va algo que no se sabe definir y se denominan sensaciones; *física* (34%), lo que recorre los nervios se explica como un tipo de corriente o vibración, o bien como entidades discretas que se asocian a partículas, neuronas, etc.

Diferenciación /integración de los conocimientos

Al final de 7º de EGB la mayoría de los alumnos de esta muestra han diferenciado, además del cerebro, unos conductos relacionados con él; ambas estructuras constituyen un sistema funcional con determinadas competencias en el cuerpo humano.

El cerebro es una estructura unitaria; la máxima diferenciación corresponde a considerar que tiene distintas zonas, que no sitúan, relacionadas con diferentes partes del cuerpo. Estas zonas parecen conceptualizarse como una diversificación de terminales de información, pero entre ellas no hay ningún tipo de subordinación. *Los nervios o conductos los asimilan a tubos huecos y no hay diferencias entre ellos, salvo los que señalan que algunos son "principales" y luego se ramifican en otros más pequeños.*

Al cerebro se le atribuyen funciones cognitivas y senso-motoras que, en principio se refieren a "todo" lo del cuerpo, pero que luego someten a ciertas restricciones. Algunas funciones atribuidas al cerebro tienen en alguna ocasión un matiz animista: interviene en ciertos procesos "para que se hagan bien".

Estructura y función se relacionan en este momento, concibiendo que entre el cerebro y ciertas partes corporales se establece un flujo de comunicación que circula por unos conductos, que la mayoría reconoce como nervios. El cerebro es el órgano activo y los conductos son estructuras pasivas.

La naturaleza de esta información, que los alumnos denominan como *mensajes u órdenes*, les resulta difícil de precisar. Las dos tendencias más representadas consisten en:

- 1) asignarle un carácter mental, circulan ideas, pensamientos (23%);
- 2) o bien: algo material que se desplaza por los nervios (partículas, neuronas, cositas), o una perturbación que se propaga por ellos (temblor, fuerzas, corriente).

Diferencian mecanismos funcionales sencillos, que consisten en transmisiones de información unidireccionales entre el cerebro y partes del cuerpo, sin ningún tipo de retroinformación. La naturaleza de la información no interfiere en estos mecanismos: al considerarlos de modo global, les basta con diferenciar un camino continuo entre el cerebro y la parte corporal de que se trate, sin que se planteen más cuestiones.

Las diferenciaciones e integraciones de las ideas sobre el SN se dan siempre a nivel orgánico: aunque unos pocos alumnos nombren las células o las neuronas no tienen significación funcional en el sistema. En este nivel orgánico, las integraciones se dan entre los componentes del sistema, que consideran independiente de otros sistemas internos que conocen. Los datos revelan la frecuencia con que los alumnos afirman que el SN no interviene en actividades que relacionan con el cometido de otros sistemas (50% Tabla 12.5), como por ejemplo, en los movimientos del corazón, o en tomar y expulsar aire (que es para ellos respirar) porque "eso es independiente, es del corazón o los pulmones".

En esta muestra se pone de manifiesto un "exceso diferenciador" que lleva a un 25% de los alumnos a concebir lo que hemos venido denominando un SN especial. Quizás esta invención de nuevos sistemas esté relacionada con el aspecto que señalamos en el punto anterior: cada sistema tiene unas funciones propias, no transferibles, en el organismo. Si el conjunto cerebro+conductos no se reconoce como SN, al preguntarles qué saben de éste o de los nervios, aplican sus conocimientos de sentido común y crean un sistema de "nervios" que cubre en general funciones con matiz psicológico (nerviosismo, sensaciones).

12.3.2- Aproximación a los modelos mentales sobre el SN

Tras poner de manifiesto las tendencias que aparecen en el conjunto de la muestra, se analizaron las ideas de los alumnos sobre el SN desde la perspectiva de los modelos mentales, por considerar que estos constructos son capaces de dar cuenta, tanto de la coherencia interna del pensamiento intuitivo de los sujetos, como de su consistencia.

Recordemos que el objetivo del modelo mental que construyen el sujeto es, según Norman (1983), permitir al usuario, además de explicar el sistema, predecir el comportamiento del mismo en nuevas situaciones.

No todas las ideas que sobre el SN tienen los alumnos son elementos constituyentes de los modelos mentales. El análisis detallado llevado a cabo con las ideas de cada alumno ha permitido tipificar tres componentes centrales de los modelos mentales sobre el SN:

- a) *la topología atribuida al sistema*: esto es los elementos que lo constituyen y sus relaciones físicas;
- b) *la función general atribuida al sistema*; y
- c) *el mecanismo de ejecución del sistema*, o el modo en que se relacionan sus elementos para llevar a cabo en situaciones concretas la función general que se le atribuye.

La dinámica de estos tres componentes en el modelo mental de cada sujeto es la siguiente:

- Para cada niño, existe coherencia interna entre el modelo topológico del sistema, la función que le atribuyen en términos generales y los mecanismos de ejecución del sistema en casos particulares.
- En cuanto a la consistencia en la aplicación del modelo a situaciones nuevas, cada niño es consistente manteniendo la topología y mecanismos de intervención que tiene; mantiene también la función general atribuida, pero la somete a ciertas restricciones, cuyos criterios -implícitos en el sujeto- es posible determinar con cierta claridad.
- No parece existir relación unívoca entre el modelo mental y el tipo de restricciones que aplican a las funciones del sistema; esto es, aunque a cada modelo le correspondan unas funciones del sistema, el tipo de actividades concretas que tipifican estas funciones son variadas.
- No obstante lo anterior, para la topología que cada alumno denomina SN, los tipos de actividades que se generan en el modelo CUASI-ESCOLAR no coinciden con los generados por los alumnos que tienen modelos morfológico-funcionales más idiosincráticos.

Los cinco modelos mentales que aparecen antes de la instrucción y que se han resumido en la Tabla 12.4, tienen las siguientes características.

• Modelo Mental Cuasi-Escolar

Este modelo, que comparten un buen número de alumnos, se caracteriza por unas ideas simplificadas y parciales, pero relativamente cercanas a las que proponen los manuales escolares sobre el SN:

- una concepción de la topología del SN que considera: el cerebro como una masa redondeada; los nervios como tubos ramificados por el cuerpo y unidos al cerebro;
- le atribuyen una función general relativa a "todo" el cuerpo, pero luego aplican una serie de restricciones -relacionadas con unos modos idiosincráticos de tipificar la actividad corporal en relación al SN- que no constituyen parte del modelo, pero son consecuentes con el mismo;
- aplican un mecanismo de funcionamiento del sistema muy simplificado, pero acorde con las características morfológicas apuntadas: los nervios y el cerebro forman siempre una unidad funcional, excepto en actividades como los sentimientos, que refieren sólo al cerebro;

• Modelo Doble Sistema

Lo plantean 4 alumnos. Se caracterizan por:

- la representación de un doble sistema: uno, que no denominan SN, formado por el cerebro y unos conductos, y otro que identifican como SN, con una morfología muy idiosincrática, en las que los nervios no están conectados al cerebro y son formaciones peculiares;
- el sistema no nervioso cumple funciones parecidas a la del nervioso del modelo anterior, pero con alcance más restringido; el SN tiene funciones muy específicas, nunca relacionadas con el otro sistema;
- los mecanismos de funcionamiento del primer sistema recuerdan los del SN del modelo anterior; pero el cerebro puede intervenir en un mayor rango de actividades por vía puramente mental;
- los nervios actúan con independencia del cerebro.

• Modelo de Transición

Corresponde a un único alumno que:

- representa un único sistema con características semejantes a las de los SN especiales del modelo anterior;

- este sistema tiene una función más parecida a la del SN del primer modelo pero más restringida;
- el mecanismo de este sistema es como el del primer modelo;
- el cerebro se relaciona con este sistema, pero también actúa por vía mental en otras actividades.

• Modelo SN Especial

También de un solo sujeto, que:

- representa un SN especial;
- lo relaciona con la circulación de la sangre;
- los mecanismos de intervención del cerebro en las actividades corporales son puramente mentales.

• Modelo Fantasma

Corresponde a un alumno que no dibuja ningún tipo de "sistema":

- sólo representa el cerebro;
- dice que hay un SN que es para el nerviosismo;
- el cerebro interviene en la actividad corporal por vía mental.

12.3.3- Una estructura general para los sistemas corporales

¿De dónde puede provenir la complejidad de ideas sobre el SN que hemos puesto de manifiesto en los apartados anteriores? Junto al factor no despreciable de la influencia de la transmisión social, creemos que parte de estas construcciones pueden estar mediatizadas por el aprendizaje que han realizado en los años precedentes sobre otros sistemas del cuerpo humano.

Una forma didáctica muy difundida en el estudio de los sistemas corporales durante la EGB, es partir de unos presupuestos generales, más implícitos que explícitos, que podemos resumir así:

--> Los órganos internos del cuerpo se asocian en sistemas corporales: cada sistema está formado por una serie de órganos, físicamente conectados, que tienen una forma, constitución y localización concreta en el cuerpo; la mayor parte de ellos son tubos y bolsas por las que circula algún fluido: los órganos o componentes de cada sistema son diferentes;

--> Cada sistema del cuerpo humano está relacionado con unas actividades corporales determinadas; es lo que se conoce como función general del sistema;

--> En un sistema, cada órgano tiene unas actividades específicas en el conjunto del sistema; son las funciones de los órganos del sistema;

--> Los órganos de un sistema funcionan coordinadamente para llevar a cabo la función general del mismo;

--> Algunos sistemas están relacionados mediante el trasvase de ciertas sustancias de unos a otros; (este aspecto no siempre aparece con claridad en los materiales escolares)

El estudio de la mayor parte de los sistemas corporales en los años transcurridos de la EGB nos permite conjeturar que los alumnos han interiorizado, de modo más o menos consciente dicha superestructura. Esta, actuaría como un modelo que les permite utilizar un tipo de razonamiento analógico para dar cuenta de un sistema corporal no estudiado directamente.

12.3.4- Un mecanismo de razonamiento analógico

Recordemos de nuevo la idea de Gentner (1989) :

"gran parte de lo que se aprende por experiencia proviene de comparaciones espontáneas - implícitas o explícitas- entre una situación presente y situaciones similares o análogas que la persona tiene guardadas en la memoria" (p.232)

Y recordemos también el mecanismo en que Vosniadou (1989) esquematiza el proceso de pensamiento analógico entre un sistema nuevo X y el sistema fuente Y:

- 1.- evocar un sistema fuente (Y) similar de algún modo al X.
- 2.- diseñar una estructura relacional de Y a X.
- 3.- evaluar la aplicabilidad de esta estructura relacional para X.

En nuestro caso, el sistema fuente sobre el que diseñar la analogía correspondería a la estructura general descrita para los sistemas corporales.

interiorizada por el aprendizaje de otros sistemas durante los cursos precedentes, además de los conocimientos particulares de cada sistema estudiado. Del nuevo sistema (SN) conocen, desde muy pequeños, el cerebro, que relacionan con una serie de actividades corporales. La entrevista les plantea el problema de explicar unas actividades corporales muy conocidas, recurriendo al funcionamiento del cerebro y los nervios.

Parece factible pensar que recurran al establecimiento de relaciones entre sus conocimientos base de cómo son y funcionan otros sistemas corporales, y cómo puede hacerlo otro sistema que conocen menos. La aplicabilidad de las relaciones inferidas no es empíricamente comprobable en nuestro caso: sólo podemos ver la coherencia que se da entre las inferencias relativas a la estructura del nuevo sistema y el modo de funcionamiento que le atribuyen.

Encontramos indicios de este razonamiento analógico en ciertas inferencias que los alumnos realizan sobre el SN y que no se corresponden exactamente con la realidad del mismo, mientras que sí se dan en el resto de los sistemas que conocen, o son atribuidos indebidamente. Por ejemplo:

- La mayoría de los alumnos piensan en los nervios como tubos huecos por los que circula algo que va o viene del cerebro a otras partes corporales. Buena parte de los sistemas corporales familiares al alumno (digestivo, circulatorio, respiratorio, excretor) están formados por una serie de canales y recipientes, por los que circula algún tipo de fluido.

- Al cerebro se le atribuye el pensar, emitir órdenes, recibir e interpretar mensajes; a los nervios ser conductos de transmisión del cerebro. En cada sistema los alumnos suelen jerarquizar los órganos atribuyendo a uno de ellos una función más activa, central en el funcionamiento del sistema (corazón en el circulatorio, estómago en el digestivo), mientras que consideran al resto como meros conductos pasivos. Banet y Nuñez(1988), por ejemplo, señalan que los alumnos atribuyen al estómago el principal papel en la transformación de los alimentos, minimizando la función del resto de los órganos, incluyendo el intestino delgado que tiene una función más incisiva en este aspecto.

- Cuando hablan de la función del SN buscan atribuirle actividades corporales concretas: el movimiento y/o los sentidos, transmitir al cerebro, el nerviosismo, etc.; o lo relacionan genéricamente con un "todo" que luego restringen. Esto podría

deberse a que las funciones generales de los sistemas que conocen están bien delimitadas, se suelen explicitar en relación a aspectos que aparecen como unitarios y simples (en expresiones de niños de estas edades: el digestivo transforma los alimentos, el circulatorio distribuye la sangre por el cuerpo, el respiratorio es para tomar oxígeno y echar el carbónico); buscan también aspectos concretos para el SN.

- Finalmente, hay una tendencia a diferenciar las funciones atribuidas a los componentes del SN de las que relacionan con componentes de otros sistemas. Las justificaciones a la no intervención del cerebro y/o los nervios en ciertas actividades corporales es porque son de otros sistemas. La idea de que a cada sistema gobierna unos aspectos concretos del funcionamiento corporal, parece estar tras esta tendencia. Cuando conocen relaciones entre sistemas (aspecto que está ausente en las ideas de gran parte de los alumnos de estas edades, según ponen de manifiesto numerosos trabajos como los de Clément, 1991, Clément y col., 1993; Giordan y Vecchi, 1988, etc.), es porque se requiere el transvase de alguna sustancia de uno a otro, cosa que no encaja en sus ideas sobre el SN.

13. LAS IDEAS DE LOS ALUMNOS SOBRE EL SN DESPUES DE LA INSTRUCCION

Los 10 alumnos de cada centro fueron entrevistados de nuevo unos seis meses después de haber recibido la instrucción formalizada sobre el SN humano.

La entrevista fue la misma que se utilizó casi un año antes, con una variante en la estrategia de aplicación. El cambio consistió en iniciar la entrevista refiriéndole a cada alumno el modelo utilizado por él/ella antes de la instrucción para explicar las 4 viñetas, diciéndole que era lo que un compañero pensaba de estos fenómenos. El entrevistado debía manifestar sus acuerdos y/o discrepancias y explicar sus ideas al respecto. A partir de ahí la entrevista procedía como en la pre-instrucción.

Este cambio de estrategia se debió, en primer lugar, a la intención de motivar a los entrevistados a hablar de nuevo de las mismas situaciones que ya habían sido tratadas con la entrevistadora, y que recordaban con bastante viveza. Por otro lado, el enfrentarlos con sus propias ideas permitía detectar con mayor facilidad los cambios sucedidos, si bien somos conscientes de que plantearles un modelo podía condicionar sus ideas.

Las variaciones que hubo que introducir en la estructura de las redes de contenido, para dar cuenta de los cambios en las ideas de los alumnos, son mínimas, y daremos cuenta de ellas al referir los resultados de cada grupo de redes.

El análisis de los alumnos de cada uno de los centros por separado no reveló diferencias notables en las frecuencias de la mayor parte de las categorías: ambos grupos coinciden en situar la mayoría de sus frecuencias en las mismas terminales. No obstante, señalaremos algunas diferencias a la par que se realiza el análisis.

Para dar cuenta de los resultados los vamos a organizar del mismo modo que en la pre-instrucción, en los apartados siguientes:

1. Ideas más frecuentes sobre el cerebro, los nervios, y el SN
2. Modelos mentales sobre el SN

En este momento no vamos a hacer referencia explícita a las variaciones en las ideas de los alumnos en relación al modelo conceptual del SN propuesto por la instrucción, sino únicamente a los cambios tras la misma. El análisis de la influencia de dichos modelos se realizará en un capítulo posterior, después de analizar el modelo propuesto por la instrucción.

En un tercer apartado que hemos denominado,

3. La representación del SN y otros sistemas corporales internos,

se estudian los dibujos realizados por compañeros de curso de los alumnos entrevistados, cuyo objetivo era comprobar si existían modelos morfológicos del SN semejantes a los de la muestra entrevistada, y también comparar las representaciones de este sistema con las de otros sistemas internos.

13.1- Ideas más frecuentes sobre el cerebro, los nervios y el SN

En todas las redes de este apartado se especifican las siguientes cuantificaciones: los resultados globales de la muestra, las diferencias entre los alumnos de los dos centros y los resultados de la pre-instrucción, con el fin de facilitar comparaciones. Las convenciones utilizadas para estas especificaciones son las siguientes:

- Las categorías en *CURSIVA* indican tipos de ideas que estaban presentes antes de la instrucción y que ya no aparecen en este momento.
- Las categorías en **NEGRITA** son categorías que ha sido necesario crear, dadas las ideas que aparecen en los comentarios de los niños.
- Encerradas en círculos aparecen las frecuencias post-instrucción de la categoría del total de la muestra, esto es, de los 20 alumnos.
- Entre [corchetes] se dan las frecuencias correspondientes a los 10 niños de cada uno de los centros, el primero corresponde siempre al centro A y el segundo al B.

- Entre (paréntesis) aparecen las frecuencias totales de cada categoría en la pre-instrucción.

13.1.1- El cerebro, los nervios y el SN tras la instrucción

Las redes del Cuadro 13.1 indican los cambios sucedidos tras la instrucción en las ideas de los alumnos sobre los aspectos anatómicos y estructurales del SN y sus componentes. Pasamos a describir brevemente las variaciones más notables encontradas.

El cerebro

Este órgano sigue siendo considerado por un 70% como una masa en la que ciertas partes, que no saben localizar topográficamente, cumplen funciones relacionadas con los sentidos, el movimiento, la memoria, etc.

Aparece una categoría NUEVA -PARTES TOPOGRAFICAS- constituida por las respuestas de 6 alumnos (30%) que, tras la instrucción, localizan diferentes estructuras en el cerebro. Aunque conocen sus nombres no siempre saben atribuirles funciones específicas. Los alumnos se refieren a ellas del modo siguiente:

" El cerebro tiene unas partes que son: el cerebelo, el cerebro y el encéfalo. Cada sensación llega a su zona correspondiente" (Nº5) Figura 13.1 A

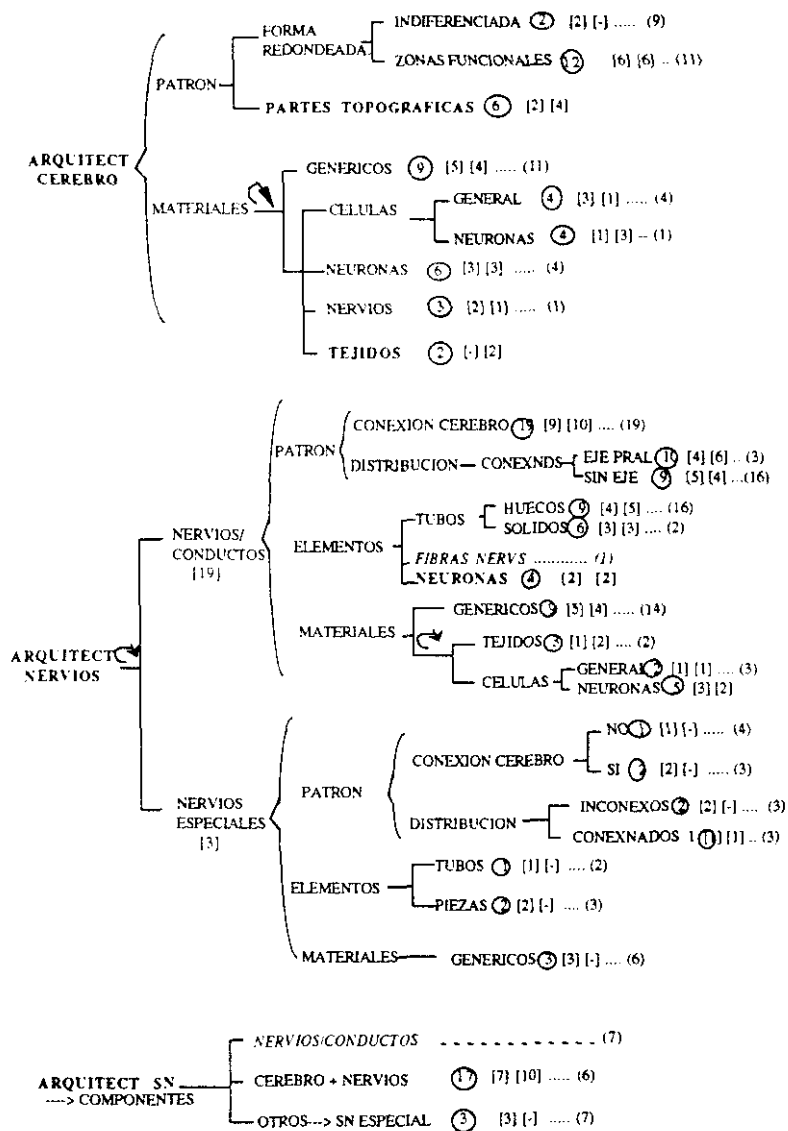
" El cerebro tiene unas partes: la corteza, que tiene también unas partes que son la occipital, parietal, temporal y frontal, y luego está el cerebelo y el bulbo raquídeo. Cada parte tiene unas funciones" (Nº9) Figura 13.1C

" El encéfalo tiene el cerebro que tiene unas partes para mandar órdenes y sentir, y luego están el cerebelo y el bulbo que tienen funciones distintas del cerebro" (Nº12) Figura 13.2A

"El cerebro es una es como una masa blanca. Además está el bulbo raquídeo, que está más abajo, y que ya no es exactamente el cerebro y el cerebelo....[dibuja] está por aquí, y es una cosa como una hoja y el bulbo raquídeo que está al principio de la médula espinal.

Tienen funciones distintas; el cerebelo, no estoy seguro, pero creo que controla las sensaciones involuntarias" (Nº20) Figura 13.2C

Cuadro 13.1- Redes para la arquitectura del SN (N=20)



Los materiales que componen el cerebro son variados. Lo más significativo de esta parte de la red son los cambios en el uso de los términos NEURONA y CELULAS. Aunque no lleguen al 50% los alumnos que los emplean en relación al cerebro, vamos a detenemos en ellos.

Un total de 8 alumnos (40%) aluden a células: 4 las identifican como neuronas y los otros 4 no lo especifican.

Además de los alumnos que identifican las neuronas como células, aparecen otros 6 (30%) que hablan de "neuronas" en el cerebro, atribuyéndoles una naturaleza particular, como indican los comentarios siguientes:

"Neuronas es algo del SN que hay en el cerebro , pero no me acuerdo lo que es"(Nº2)

"Las neuronas están en el cerebro. Las neuronas están formadas por células con funciones receptoras, transmisoras e interpretadoras. Tienen como unas ramificaciones que conectan con un nervio que va a un sitio. "(Nº7). Figura 13.3B

" El cerebro tiene muchas neuronas [dibuja] . La neurona es como ... es como un núcleo , como yo qué sé, como el alvéolo, pues igual, de ese estilo.

Las neuronas se comunican entre ellas, hay conductos para poder comunicarse."(Nº14). Figura 13.3D

Figura 13.1- Arquitectura del SN (A y C); Relación células-nervios (B y D)

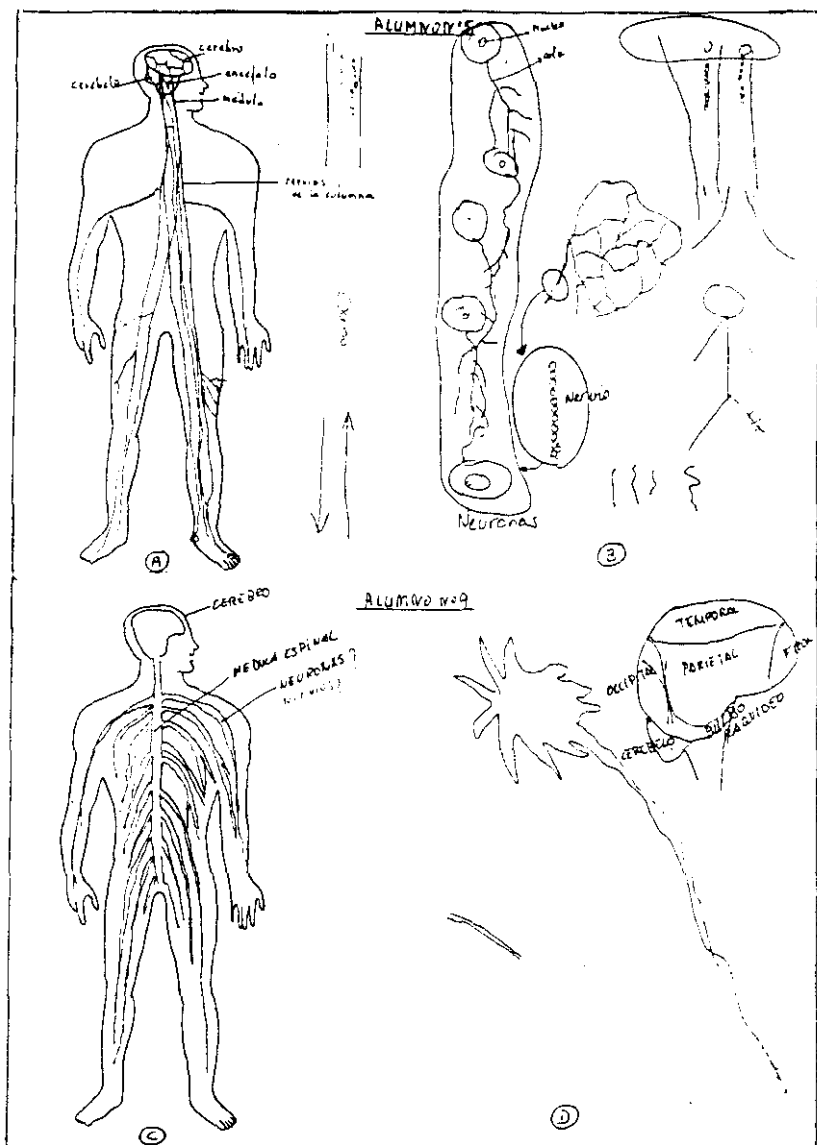


Figura 13.2- Arquitectura del SN (A y C); Relación células-nervios (B y D)

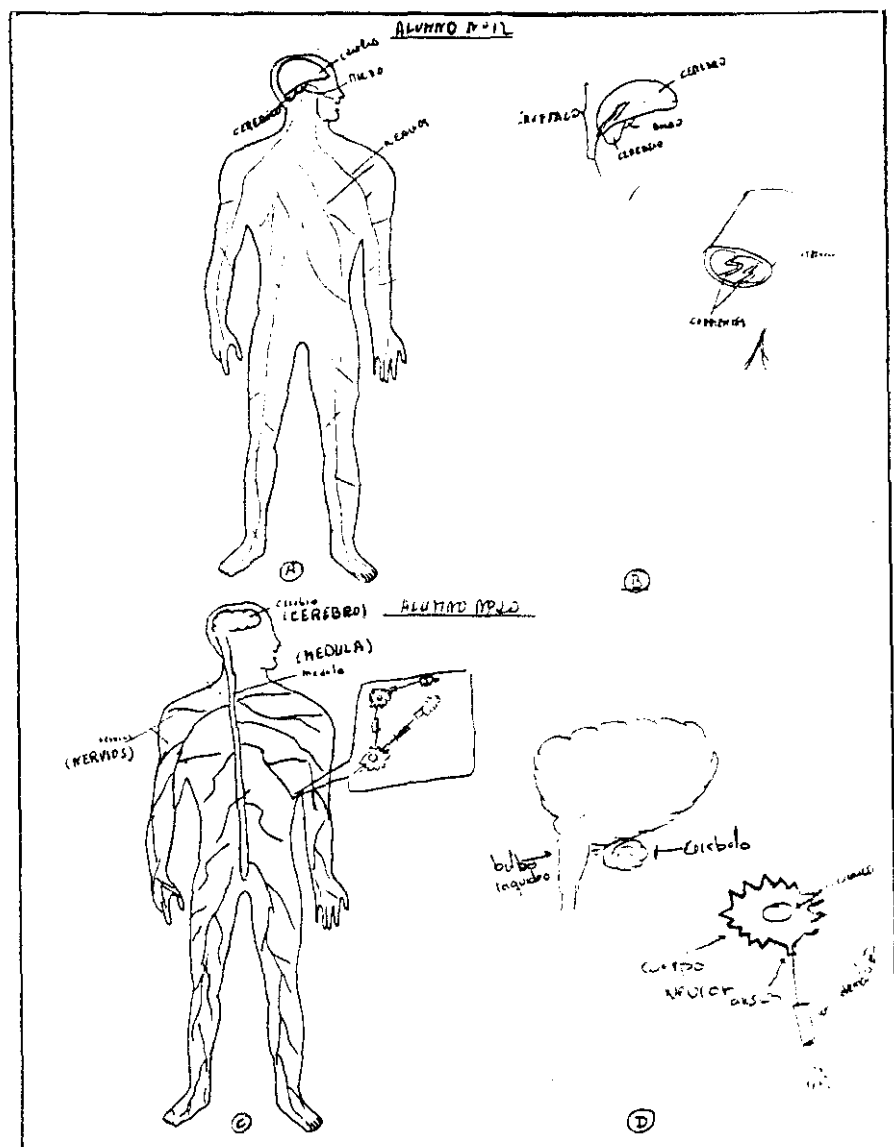
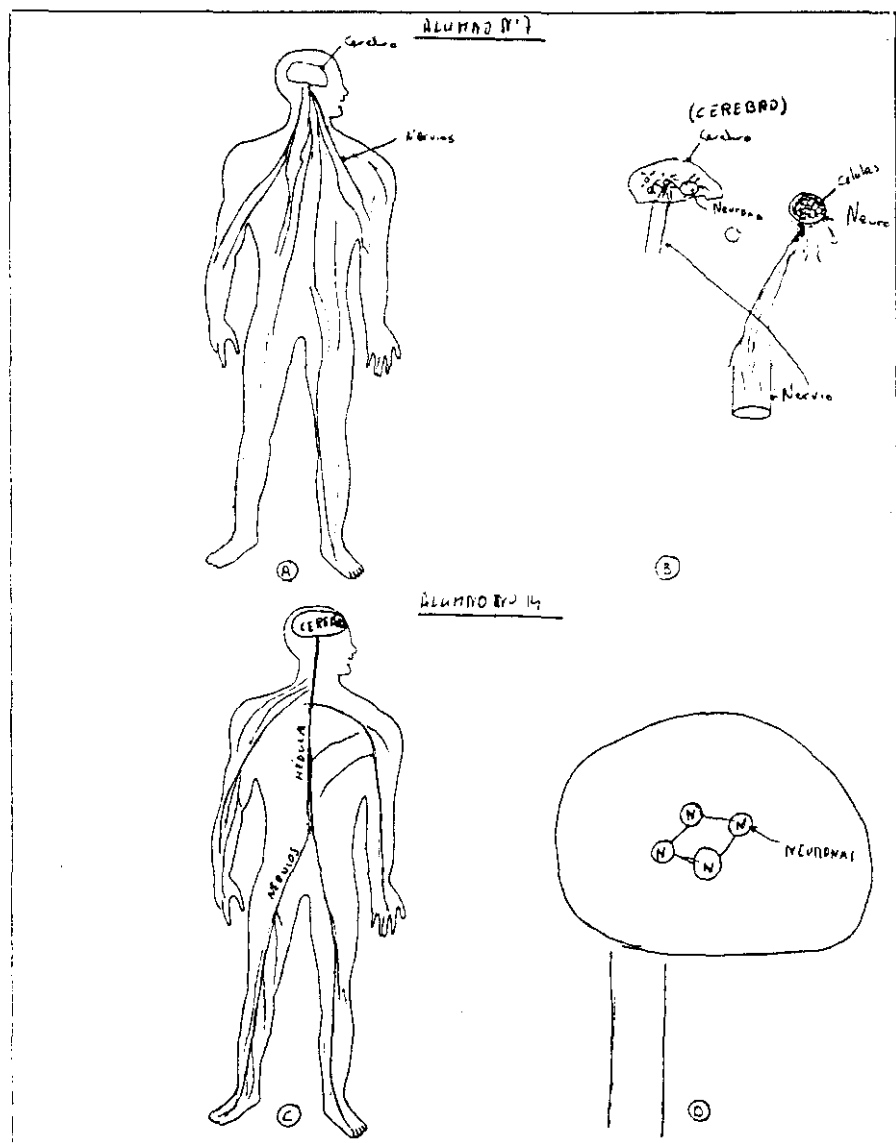


Figura 13.3- Arquitectura del SN (A y C); Relación "neuronas"-SN (B y D)



Los nervios

De los 20 alumnos, 19 consideran la existencia de nervios o conductos ramificados por el cuerpo y conectados al cerebro. De estos 19, 17 los identifican como los nervios. La mitad de los estudiantes representan los nervios ahora ramificados a partir de un eje que 6 reconocen como la médula espinal.

Dos alumnos, de los 19 anteriores (Nº 3 y 19), además de los "conductos" relacionados con el cerebro siguen proponiendo, como lo hacían un año antes, la existencia de otras estructuras diferentes que denominan "nervios" (Figura 13.4)

Finalmente, hay un alumno (Nº 10) que no conceptualiza conductos unidos al cerebro, pero sí unos nervios diferentes.

Los tres alumnos últimos son los que representan las 3 frecuencias de la categoría NERVIOS ESPECIALES. Estos nervios suelen considerarse como partículas o piezas distribuidas en determinadas partes del cuerpo.

Un aspecto que no aparecía antes de la instrucción, es la utilización del término NEURONA en relación a los nervios. De los 7 alumnos (35%) que consideran que los nervios están formados por células, 5 señalan específicamente que son neuronas. De estos, 4 alumnos explican que las neuronas forman los nervios, al conectarse unas con otras; son los mismos que señalan que las neuronas son los ELEMENTOS que constituyen los nervios. El 5º niño considera las neuronas como pequeñas células adosadas a las paredes de los nervios, que sigue considerando como unos tubos. Ejemplos de los primeros son las explicaciones siguientes:

"El nervio es como una especie de conducto y están dentro las neuronas que transmiten mensajes. Las neuronas son células nerviosas y su función es transmitir mensajes. (...) Por ejemplo (para transmitir al cerebro) si es una imagen, la neurona recibe la imagen de la siguiente y entonces le manda la imagen a esta otra y así todo el rato" (Nº1). Figura 13.5B

"Los nervios son de neuronas. Las neuronas son células enganchadas por la cola. Cada neurona tiene un cuerpo con un núcleo y una cola por donde se une

a otras. El núcleo de cada neurona está preparado para saber qué le llega por la cola ." (Nº5). Figura 13.1B

"Esto es la neurona [dibuja] , esto el núcleo, esto son las dendritas, esto es el cuerpo de neurón y el axón. Los nervios están formados por muchas filas de neuronas entrelazadas, cubiertos -supongo- de una capa para que no se dañen" (Nº20). Figura 13.2 Cy D

Los dos alumnos (Nº 6 y 15) que dicen que los nervios son de células, no especifican que sean neuronas: los representan gráficamente como indican las Figuras 13.5D y 13.6B

Hay 3 alumnos que mencionan los "tejidos" como componentes de los nervios, pero en ningún momento los relacionan con células. Al preguntarles qué quieren decir por "tejidos" señalan que no saben lo que significa esta palabra , pero que los nervios son de tejidos.

El SN

Tras la instrucción, el SN es considerado por la mayor parte de los alumnos (85%) como una estructura formada por el CEREBRO + NERVIOS. Además, 6 de los 16 escolares que sustentan este modelo señalan la médula como componente específico del sistema (SN= cerebro+médula+nervios).

Desaparece el modelo SN=NERVIOS/CONDUCTOS. Recordemos que antes de la instrucción esta concepción del SN era de carácter semántico, ya que el cerebro y este SN se concebían como una unidad funcional.

Sólo 3 alumnos, pertenecientes al mismo centro, consideran tras la instrucción un SN ESPECIAL. Estos alumnos mantenían también un SN ESPECIAL antes de la instrucción. Estos SNs aparecen ahora constituidos por los NERVIOS ESPECIALES, y se los relaciona con el cerebro de modo indirecto. En las Figuras 13.4 puede verse los dibujos del SN realizados por estos alumnos cuando estaban en 7º y ahora, tras la instrucción.

Un alumno (Nº11) representa un SN formado por el cerebro y los nervios, pero introduce una serie de elementos especiales en relación a los nervios. Lo hemos considerado incluido en el primer grupo, porque está más cercano a esa representación que a las de los SN Especiales. (Figura 13.7)

Figura 13.4- SNs Especiales. A=antes de la instrucción; B=tras la instrucción

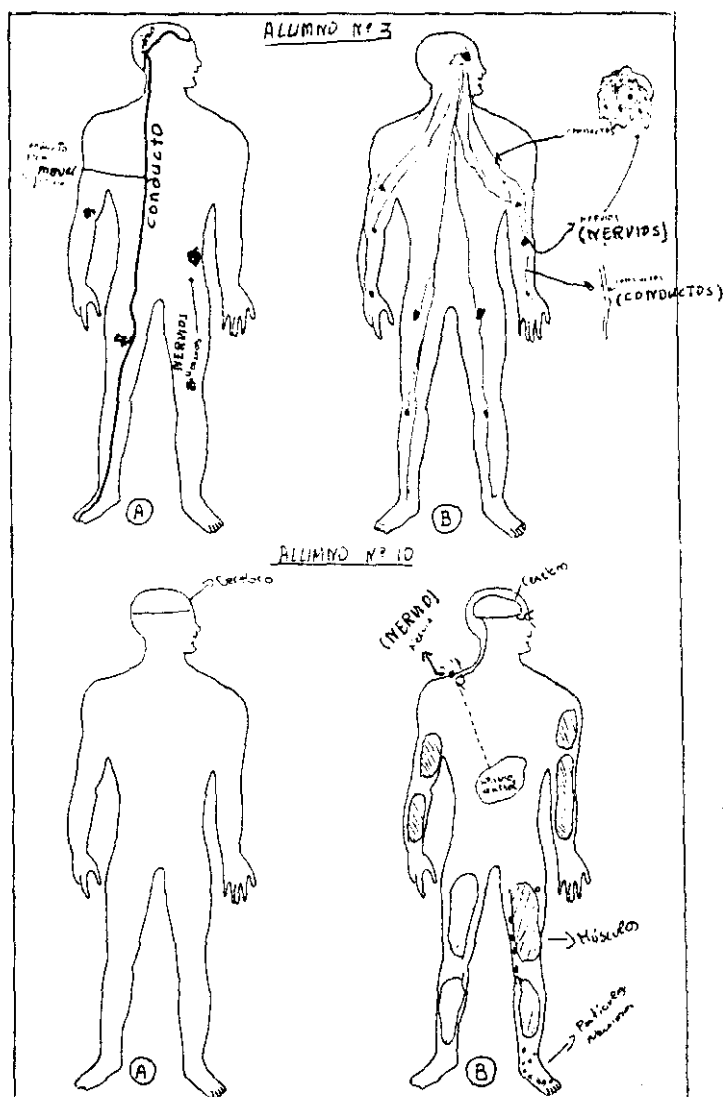


Figura 13.5- Arquitectura del SN (A y C); Relación células-nervios (B y D)

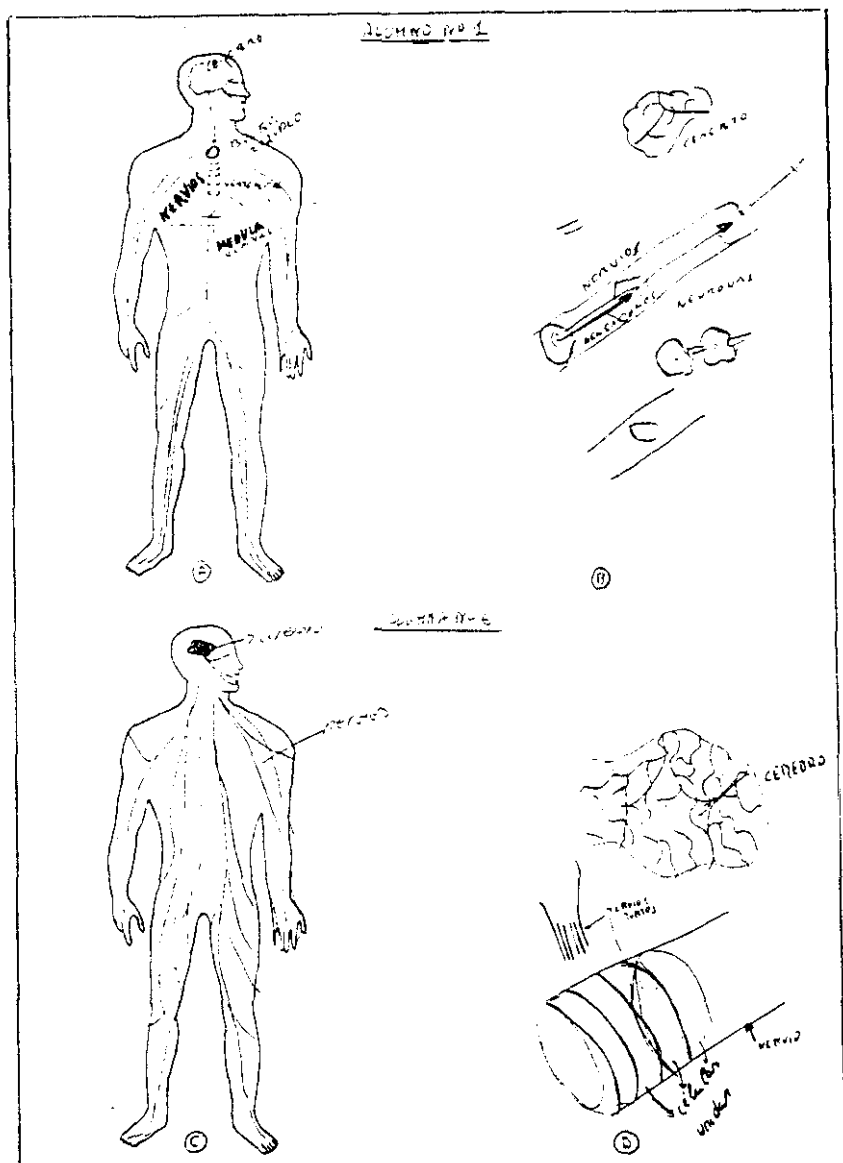


Figura 13.6- Arquitectura del SN (A) : Relación células-nervios (B)

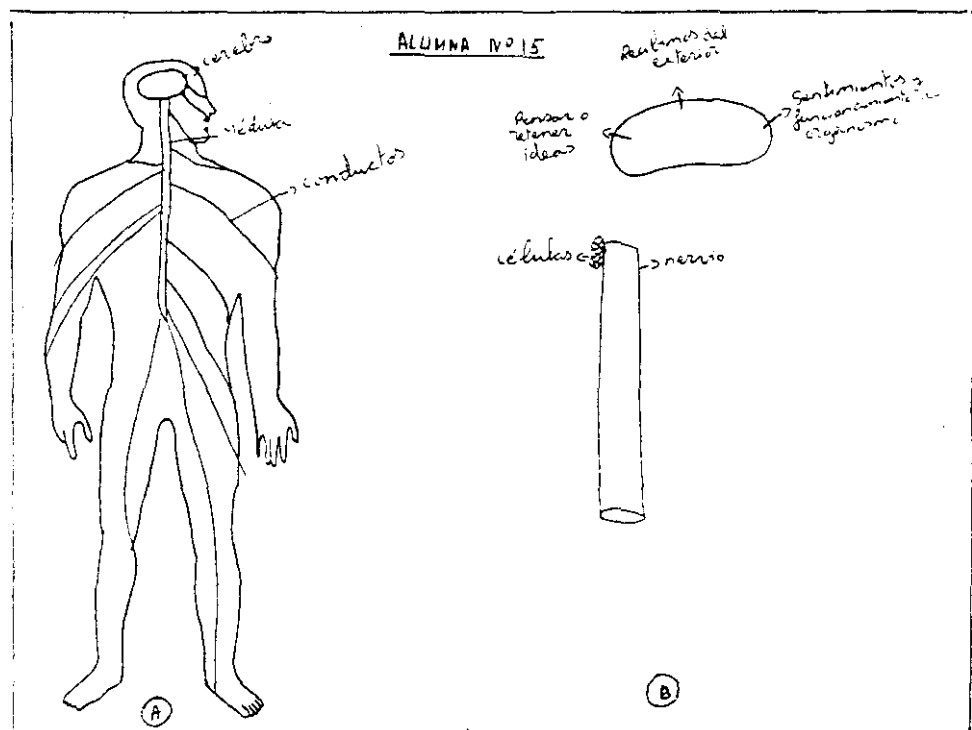
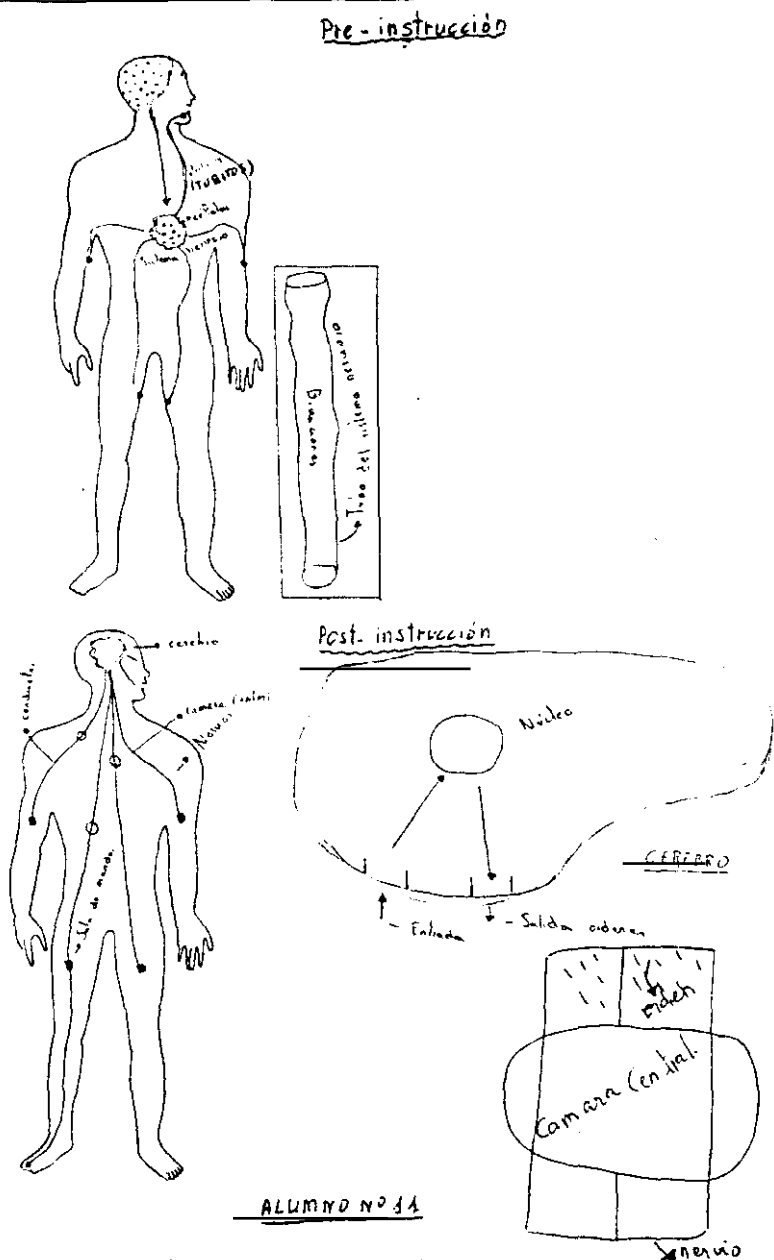


Figura 13.7- Arquitectura del SNEspecial: Evolución



13.1.2- Actividades y funciones del SN tras la instrucción

Las redes del Cuadro 13.2 indican las variaciones introducidas en las categorías y las frecuencias pre y post-instrucción con la misma notación de las redes anteriores.

Actividades/función del cerebro

El cerebro actúa recibiendo mensajes, mandando órdenes y pensando. Esta manera de describir la actividad del cerebro se mantiene tras la instrucción. Se le considera como órgano principal del SN y sus funciones son centrales en el organismo.

Siguen coexistiendo las dos tendencias mayoritarias señaladas en la pre-instrucción para referir las funciones del cerebro: la indicada por la categoría PENSAR+ SENTIDOS + MOVIMIENTO (30%), y la que parece apuntar a una función que abarca, de algún modo, la totalidad del funcionamiento corporal, RELACION CON TODO (65%). Ejemplos de estas dos tendencias en las expresiones de los alumnos son las siguientes:

" El cerebro tiene las funciones de sentir ... o sea, todos los sentidos que viajan a través de los nervios; también la de mandar órdenes para el movimiento ... tiene todos los mensajes que necesita el cuerpo para moverse; también para pensar. Todo eso, el movimiento, el sentir y eso." (Nº1)

" El cerebro es para coordinar los movimientos, el cómo reaccionar, por ejemplo si te quemas, y ... también para pensar " (Nº2)

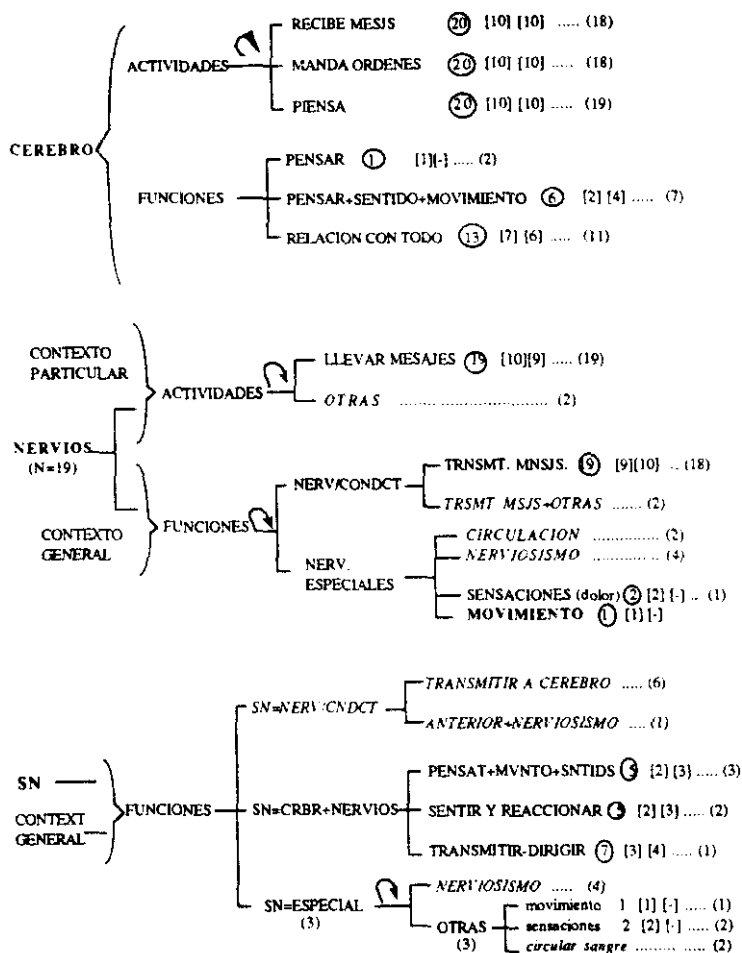
" El cerebro tiene la función de recibir ideas y de transmitir las. De él dependen los sentidos y el movimiento." (Nº16)

" El cerebro dirige todas las operaciones que vas a hacer; por ejemplo los movimientos, las sensaciones, la memoria, la consciencia y eso." (Nº7)

" El cerebro tiene la función de controlar todo el cuerpo." (Nº12)

" La función del cerebro es la de transmitir órdenes; es como si fuera la computadora central. Las órdenes son para cualquier cosa del cuerpo: para pensar, para mover, para recibir sensaciones, para acelerar la respiración y los latidos del corazón, si es necesario." (Nº20)

Cuadro 13.2 - Actividades y funciones del SN (N=20)



Actividades /función de los nervios

Tras la instrucción, los nervios mantienen su estatus de ser vías de circulación de órdenes y mensajes entre el cerebro y el resto del cuerpo.

De los 3 alumnos que conceptualizan unos NERVIOS ESPECIALES, 2 representan también unos CONDUCTOS que cumplen en su modelo la misma función que los nervios en los modelos de la mayoría de sus compañeros: transmitir mensajes al cerebro. Reserven para los nervios especiales la transmisión al cerebro de acciones específicas; en el caso de estos alumnos, 2 les atribuyen la transmisión del dolor; uno los destina al movimiento.

Funciones del SN

Después de la instrucción, las funciones que los alumnos atribuyen al SN en términos generales han evolucionado en los aspectos siguientes:

Los alumnos que consideran el SN formado por el cerebro y los nervios expresan su función con categorías cuyo contenido es similar a las categorías que aparecían ya en la pre-instrucción para la función de este sistema:

- el SN se relaciona con la actividad cognitiva PENSAR, el MOVIMIENTO y los SENTIDOS (25% del total);
- otros definen su función como SENTIR Y REACCIONAR (25%, del total);
- el resto lo relacionan con toda la actividad corporal expresada de modo genérico; es para coordinar, TRANSMITIR, DIRIGIR, todo lo del cuerpo (35%, del total);

Como sucedía cuando estaban en 7º de EGB, al explicitar estas funciones lo hacen refiriéndose, en general, a actividades senso-motoras o a las mismas funciones que le atribuyen al cerebro.

En los que consideran un SN Especial:

- desaparecen las referencias a la circulación de la sangre y al nerviosismo;
- dos alumnos lo relacionan explícitamente con las SENSACIONES de dolor;
- un alumno vincula este sistema sólo con el MOVIMIENTO.

13.1.3- Mecanismos de funcionamiento del SN tras la instrucción

Como muestran los resultados de las redes del Cuadro 13.3, los cambios que la instrucción ha provocado son poco notables. En términos generales se percibe:

- una tendencia a engrosar las categorías que poseían mayores frecuencias en la pre-instrucción;
- la desaparición de alguna de las categorías que tenían muy pocas frecuencias;
- la emergencia de alguna categoría nueva, en el modo de explicar los mecanismos de transmisión de mensajes, con poco peso en el total de la muestra.

Soportes

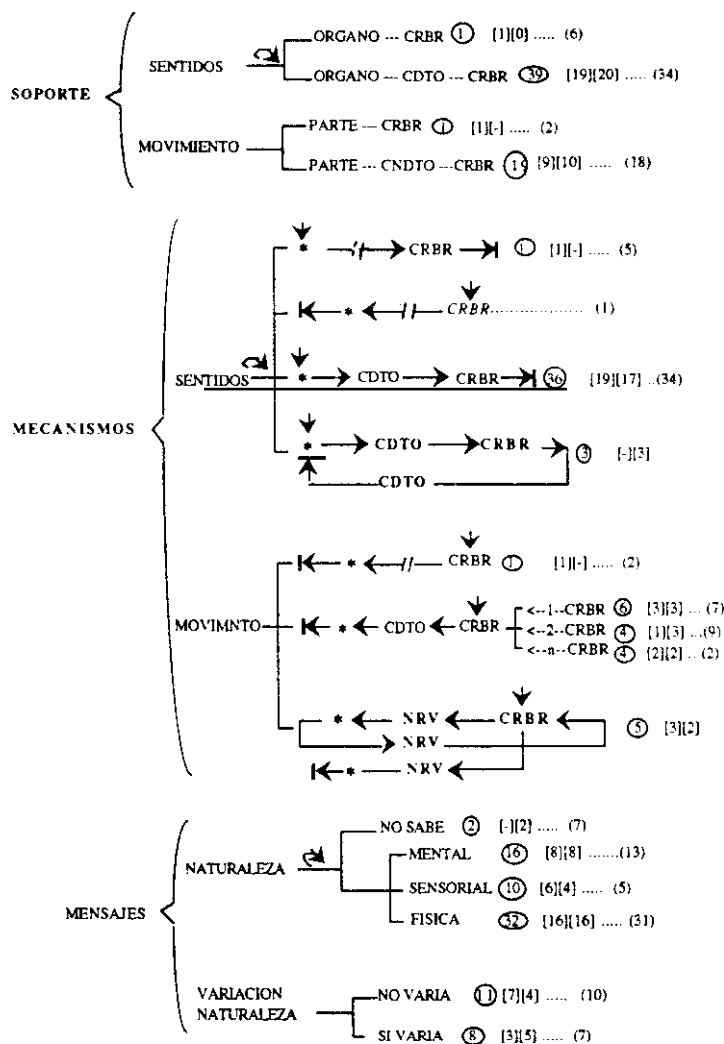
Excepto un alumno, la necesidad de un soporte formado por CEREBRO - CONDUCTO - ORGANO/PARTE para realizar movimientos y actos relativos a los sentidos, es una idea expresada por toda la muestra. De los 19 alumnos que explicitan este modelo, 16 se refieren siempre a los nervios como el elemento intermediario entre el cerebro y cualquier parte del cuerpo implicada. Tan sólo dos niños, que mantienen un SN especial, diferencian unos conductos que forman parte de estos soportes, y los nervios, que son para ellos otras formaciones relacionadas con el SN.

Mecanismos

El mismo alumno que mantiene un soporte con sólo cerebro y órgano es el que concibe un mecanismo en el que el cerebro piensa y la acción se lleva a cabo. La mayoría de la muestra sigue pensando en un mecanismo de transmisión unidireccional, que en el caso del movimiento requiere más de un mensaje, según el 60% de los alumnos (55% antes de la instrucción).

Las dos categorías nuevas que aparecen en esta red, una en sentidos y la otra en movimientos, tienen una característica común: la transmisión de los mensajes en una acción deja de ser unidireccional e incorpora un cierto tipo de retroinformación. Siete alumnos hacen referencia a esta transmisión de ida y vuelta.

Cuadro 13.3- Redes sobre los mecanismos de funcionamiento del SN (N=20)



Dos alumnas aplican este mecanismo tan sólo a los sentidos. Una de ellas lo refiere únicamente al dolor, y justifica su necesidad con estas palabras:

"El pie manda al cerebro, por un nervio, una corriente y lo sabe y el cerebro manda una orden al pie para que sepas que te duele. [...] Si sólo llegara al cerebro, nos dolería la cabeza en lugar del pie." (Nº12)

La otra alumna razona de esta manera la necesidad del mecanismo de ida y vuelta:

en el caso de la vista,

"La idea del bote va por el nervio óptico al cerebro y luego vuelve al ojo para ver que es un bote"

En el caso del dolor,

"Al chocar, las neuronas del tacto reciben un impulso, que va por un nervio al cerebro, a la zona del tacto. El impulso vuelve por el mismo nervio para que quites el pie. [Entrev. ¿Ese nervio por el que va y vuelve es el mismo?] Es el mismo del dolor, pero es diferente del de la patada, del de movimiento de antes." (Nº 17)

Los cinco alumnos restantes utilizan este mecanismo sólo para explicar el movimiento. En términos generales, lo explican como la alumna siguiente:

"El cerebro manda una orden a la rodilla y la pierna se va moviendo (hacia atrás) y mientras se está moviendo, tiene que ir otra orden al cerebro para que cuando esté terminando la mande para adelante (a la pierna) con otra orden. Y luego, claro, para volver a la posición normal " (Nº 14).

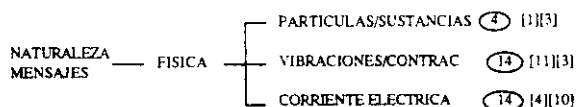
Estos alumnos señalan que los nervios por los que los mensajes van al cerebro son diferentes de los que devuelven el mensaje a la pierna.

Mensajes

Tan sólo una niña dice que NO SABE que es lo que va por los nervios para dar una patada o al sentir dolor (para la vista señala que por el nervio va la imagen = MENTAL). Todos los demás atribuyen alguna naturaleza a "lo que va por los nervios" para realizar una acción.

Tras la instrucción se siguen manteniendo las tres categorías que tipificaban la naturaleza de los mensajes, con cierta tendencia a aumentar la descripción de los mismos en términos de "sensaciones" (= SENSORIAL).

Las expresiones que antes de la instrucción se categorizaron como naturaleza FÍSICA se han simplificado notablemente, al reducirse las analogías que emplean los alumnos para describir este tercer tipo de naturaleza. En el cuadro siguiente aparece cómo se subdivide en este momento esta categoría:



Hay dos concepciones fundamentales sobre este tipo de mensajes: la que los representa como una vibración o contracción del nervio que se va transmitiendo de un lado al otro del soporte, y la que invoca la intervención de una corriente eléctrica que circula por el nervio. Cada una de estas concepciones aparece preferentemente en uno de los dos centros.

Finalmente, la consistencia en mantener la misma naturaleza para todo tipo de mensajes, sigue el mismo patrón que tenía con anterioridad a la instrucción: 11 de los 19 alumnos que adjudican alguna naturaleza a todos los mensajes le atribuyen siempre la misma, y los 8 restantes les adjudican naturaleza diferente, según las acciones a que se refieran.

13.2 - Modelos mentales del SN: cambios tras la instrucción

Una vez considerados los cambios experimentados por las ideas de los alumnos tras la instrucción queda por analizar qué variaciones se dan en los modelos mentales que estos niños tenían. Daremos cuenta de los modelos mentales de los alumnos tras la instrucción refiriéndolos a los que cada uno tenía antes de la misma, y señalando los cambios que se han producido en los mismos.

La metodología seguida es la misma que la empleada antes de la instrucción: primero, analizar los paradigmas generados por cada alumno en relación a los tres componentes del modelo mental (topología, función y mecanismos) y agrupar los que comparten un mismo modelo; en segundo lugar, comprobar la coherencia interna en el uso de los tres componentes por cada sujeto.

13.2.1- Modelos topológicos del SN

Comparando los paradigmas generados por los 20 alumnos en las redes de ARQUITECTURA DEL SN encontramos los modelos que pasamos a describir.

Un modelo, común a 12 alumnos, viene representado por el paradigma que corresponde al modelo mental Cuasi Escolar tipificado antes de la instrucción:

CEREBRO	(PATRON (FORMA REDONDEADA (PARTES FUNCIONALES)))
NERVIOS	(PATRON (CONEXION CEREBRO (SI)) (DISTRIBUCION (CONEXIONADOS)))
	(ELEMENTOS (TUBOS))
SN	(COMPONENTES (CEREBRO+NERVIOS))

Aparece también otro modelo, que representan 4 alumnos, que supone un mayor refinamiento de la topología anterior; tiene como paradigma:

CEREBRO	(PATRON (FORMA REDONDEADA (PARTES FUNCIONALES) (ZONAS TOPOGRAFICAS)))
	(MATERIALES (CELULAS (NEURONAS)))
NERVIOS	(PATRON (CONEXION CEREBRO (SI)) (DISTRIBUCION (CONEXIONADOS)))
	(ELEMENTOS (NEURONAS))
	(MATERIALES (NEURONAS))
SN	(COMPONENTES (CEREBRO+NERVIOS+MEDULA ESPINAL))

Las diferencias entre estos dos modelos (categorías señaladas con*) se refieren:

- a nivel macroscópico, a) la diferenciación en el cerebro de otras estructuras encefálicas, que denominan como cerebelo y bulbo raquídeo; y b) la consideración del SN como el conjunto del "cerebro" (en el que diferencian las estructuras anteriores) + nervios + médula espinal.

- a nivel microscópico: la descripción de un nivel morfológico celular en el que señalan que cerebro y nervios están constituidos por células neuronas; representan los nervios como cadenas de neuronas.

Como determinamos en el capítulo anterior, para considerar dos modelos topológicos como diferentes, el funcionamiento y función atribuido a cada uno de ellos tiene que dar cuenta de las diferencias en su estructura; analizamos dichos aspectos en estos alumnos, y encontramos que los 4 alumnos hacen operativas estas diferenciaciones:

- 1º) al atribuir la relación con diferentes actividades corporales a cada una de las nuevas estructuras cerebrales; y
- 2º) al explicar la transmisión de información por los nervio implicando a las neuronas.

Tenemos por tanto:

- Un modelo, que comparten 12 alumnos, que corresponde al mismo que en la pre-instrucción hemos denominado CUASI-ESCOLAR; la evolución de este modelo tras la instrucción consiste en la aparición de matices morfológicos más finos, pero que no tienen repercusiones en el funcionamiento del SN o en su participación en la actividad corporal.

De estos 12 alumnos, 8 ya tenían este modelo antes de la instrucción y 4 han evolucionado desde modelos de SNs Especiales.

- Un modelo nuevo, de 4 alumnos, que denominamos CUASI-ESCOLAR AVANZADO. Este modelo supone una evolución del modelo anterior: las nuevas estructuras diferenciadas introducen un modo diferente de dar cuenta del funcionamiento del sistema.

Estos 4 alumnos poseían antes de la instrucción un modelo Cuasi- Escolar.

La Tabla 13.1 representa la evolución de los aspectos morfológicos de estos modelos y los alumnos que los representan, antes y después de la instrucción. Los números de los alumnos que han cambiado de modelo tras la instrucción se señalan en *cursiva*.

Tabla 13.1- Evolución de los aspectos topológicos del modelo Cuasi Escolar.

PRE-INSTRUCCION		
MODELOS	CARACTERISTICAS	MATICES MORFOLOGICOS
Almas: 1,2,4, 5,6,7,8,9,12, 13,14,17,20 CUASI- ESCOLAR (13)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos. 	<ul style="list-style-type: none"> • En algunos casos, el cerebro tiene partes con funciones diferentes, aunque no se localizan topográficamente. • En algunos dibujos los nervios se ramifican a partir de un eje que se reconoce o no como médula espinal.
POST-INSTRUCCION		
MODELOS	CARACTERISTICAS	MATICES MORFOLOGICOS
1, 5, 9, 20 CUASI ESCOLAR AVANZADO (4)	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro, cerebelo y bulbo raquídeo diferenciados. • Médula espinal diferenciada y nervios ramificados desde ella. • Nervios formados por neuronas conectadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Consideran células neuronas como componentes del cerebro y los nervios.
Almas: 2,4, 6, 7,8,12,13,14, 17, 15, 18 16, CUASI- ESCOLAR (12)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos. 	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro tiene partes, que no se localizan topográficamente, con funciones diferentes. • En la mitad de los casos aparece la médula diferenciada. • Algunos nombran las "neuronas", pero no saben integrarlas en la morfología del sistema.
DOBLE SISTEMA		
SN ESPECIAL		

El alumno N° 11, que antes de la instrucción considerábamos como modelo mental de transición, ha modificado los aspectos topológicos del SN. Ahora representa una morfología más parecida a la cuasi-escolar, pero sigue introduciendo unos elementos particulares en la misma. Lo seguimos manteniendo como de transición. La Tabla 13.2 representa la evolución de este niño.

Tabla 13.2- Evolución de la morfología del modelo de transición.

PRE-INSTRUCCION		
MODELOS	CARACTERISTICAS	MATICES MORFOLOGICOS
Alum.: 11	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • SN especial formado por: <ul style="list-style-type: none"> - un órgano central en el abdomen con células como las del cerebro - unos conductos que van a partes del cuerpo que se mueven - poco clara la conexión de este sistema con el cerebro 	<ul style="list-style-type: none"> - Los nervios son estados psicológicos no entidades materiales.
TRANSICION ①		
POST-INSTRUCCION		
MODELOS	CARACTERISTICAS	MATICES MORFOLOGICOS
Alum.: 11	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • SN formado por el cerebro+ nervios. <ul style="list-style-type: none"> - Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos, que tienen unas estructuras especiales (salas de mando y cámaras) 	<ul style="list-style-type: none"> - Cerebro con partes funcionales que denomina núcleos, que son para analizar las órdenes. - Los nervios tienen estructuras especiales: salas de mando y cámaras centrales
TRANSICION ①		

Los 3 alumnos restantes corresponden a los que siguen conceptualizando un SN ESPECIAL. Dos de ellos, que planteaban antes de la instrucción un modelo de Doble Sistema, lo siguen manteniendo ahora. Su paradigma es:

CEREBRO	(PATRON (FORMA REDONDEADA (PARTES FUNCIONALES)))
CONDUCTOS	(PATRON (CONEXION CEREBRO (SI)))
	(ELEMENTOS (TUBOS))
NERVIOS	(PATRON (CONEXION CEREBRO (SI))
	(DISTRIBUCION (CONEXIONADOS) (INCONEXOS))
	(ELEMENTOS (TUBOS) (PIEZAS))
SN	(COMPONENTES (SN ESPECIAL))

El tercero era el del modelo Fantasma, que ahora ha evolucionado hacia la consideración de un SN especial constituido por un nervio central y unas partículas nerviosas. No aparecen otro tipo de conductos en el modelo de este alumno, cuyo paradigma es:

CEREBRO	(PATRON (FORMA REDONDEADA (INDIFERENCIADA)))
NERVIOS	(PATRON (CONEXION CEREBRO (NO))
	(DISTRIBUCION (INCONEXOS))
	(ELEMENTOS (PIEZAS))
SN	(COMPONENTES (SN ESPECIAL))

La evolución de estos modelos topológicos tras la instrucción se representa en la Tabla 13.3.

Tabla 13.3- Topologías con SN especiales: evolución

A Cuasi

Escolar PRE-INSTRUCCION

MODELOS	CARACTERISTICAS	MATICES MORFOLOGICOS
DOBLE SISTEMA	Un sistema formado por: • El cerebro con forma redondeada • Unos conductos conectados al cerebro	• Los conductos conectados al cerebro pueden ser identificados con venas, pero nunca con nervios.
Alumnos: 3, 18	Otro sistema: SN Especial	• El cerebro no forma parte del SN Especial
Alumnos: 15, 19	SN Especial constituido por: • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo	
Alumno: 10 (4)	SN Especial constituido por: • Nervios interrelacionados.	• El corazón puede estar relacionado con este SN Especial
NO SISTEMA (1)	• El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios no son entidades materiales sino estados psicológicos. • El SN no se representa, pero se dice que está por el cuerpo.	• No aparece ningún tipo de conductos

POST-INSTRUCCION

MODELOS	CARACTERISTICAS	MATICES MORFOLOGICOS
DOBLE SISTEMA	Un sistema formado por: • El cerebro con forma redondeada • Unos conductos conectados al cerebro	• Los conductos conectados al cerebro nunca son considerados como nervios.
Alumnos: 3	Otro sistema: SN Especial	
Alumnos: 19	SN Especial constituido por: • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo	• Sólo una parte del cerebro se relaciona con este SN
Alumno: 10 (2)	SN Especial constituido por: • Nervios tubulares interrelacionados	• El cerebro no forma parte del SN pero se relaciona con él
UN SISTEMA ESPECIAL (1)	• El cerebro es una forma redondeada. • SN formado por una estructura abdominal (nervio central) y partículas nerviosas dispersas por el cuerpo.	• No aparece ningún tipo de conductos • El cerebro se relaciona con el SN, pero no se sabe cómo.

13.2.2- Modelos sobre el funcionamiento del SN

El modo de expresar la función general que los alumnos atribuyen al SN varía poco en relación a la pre-instrucción, como vimos en el análisis de las redes. Si relacionamos ahora esta función con los modelos topológicos que acabamos de describir, tenemos la situación que pone de manifiesto la Tabla 13.4.

Los alumnos que plantean una topología más avanzada adjudican a este sistema una función en relación a toda la actividad corporal: coordina o dirige todo el funcionamiento del cuerpo. Los del modelo cuasi escolar lo relacionan también con la actividad del cuerpo, pero lo expresan en términos senso-motores o cómo sentir y reaccionar.

El haber diferenciado estructuras encefálicas no afecta tanto a la función general atribuida, sino al control de distintas actividades corporales. Por ejemplo, señalan: que el nervio óptico lleva las sensaciones a una parte especial del cerebro (no del cerebelo ni del bulbo) relacionada con la vista; que los nervios que transmiten las órdenes de movimiento o la sensación del dolor van por la médula espinal hasta el cerebro; que el cerebelo se encarga del control de movimientos no voluntarios, como el del corazón o los respiratorios.

De los que siguen manteniendo un SN especial, 2 representan un Doble Sistema: al formado por el cerebro y los conductos le asignan funciones senso motoras, como antes de la instrucción, al SN especial le atribuyen ahora una actividad senso-motora concreta, han desaparecido las alusiones al nerviosismo que antes de la instrucción eran frecuentes en este modelo.

El alumno restante, que representa tras la instrucción un SN Especial, lo relaciona con el movimiento; el cerebro, sin mediación ninguna, por vía mental, controla el resto de la actividad del cuerpo.

Tras la instrucción la variación más significativa en los alumnos que aún mantienen SNs Especiales es que ahora estos sistemas son funcionalmente dependientes del cerebro, pero no a la inversa.

Tabla 13. 4- Relación topología-función. Evolución tras la instrucción

PRE-INSTRUCCION		
MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE FUNCIONES
Almns: 1,2,4, 5,6,7,8,9,12, 13,14,17,20 CUASI- ESCOLAR (13)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Este sistema tiene influencia en "toda" la actividad corporal, considerada de modo global. La expresan en términos senso-motores y cognitivos. - Nervios y cerebro forman una unidad funcional.
POST-INSTRUCCION		
MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE FUNCIONES
1, 5, 9, 20 CUASI ESCOLAR AVANZADO (4)	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro, cerebelo y bulbo raquídeo diferenciados. • Médula espinal diferenciada y nervios ramificados desde ella. • Nervios formados por neuronas conectadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - El SN coordina/dirige toda la actividad del cuerpo - Nervios y cerebro forman una unidad funcional.
Almns: 2,4, 6, 7,8,12,13,14, 17, 15, 18 16. CUASI- ESCOLAR (12)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Este sistema tiene influencia en "toda" la actividad corporal, considerada de modo global. La expresan en términos senso-motores y cognitivos. - Nervios y cerebro forman una unidad funcional.

DOBLE SISTEMA
SN ESPECIAL

PRE-INSTRUCCION		
MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE FUNCIONES
Almns.: 11 TRANSICION (1)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • SN especial formado por: <ul style="list-style-type: none"> - un órgano central en el abdomen con células como las del cerebro - unos conductos que van a partes del cuerpo que se mueven - poco clara la conexión de este sistema con el cerebro 	<ul style="list-style-type: none"> -> SN relacionado con el movimiento -> Cerebro relacionado con la función del SN Especial.
POST-INSTRUCCION		
MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE FUNCIONES
Almns.: 11 TRANSICION (1)	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • SN formado por el cerebro+ nervios. <ul style="list-style-type: none"> - Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos, que tienen unas estructuras especiales (salas de mando y cámaras) 	<ul style="list-style-type: none"> -> Este SN es para el movimiento, y para cualquier "sensación" que requiera respuesta en términos de movimiento.

(Continúa)

Tabla 13.4 (continuación)

A Cuasi

Escolar

PRE-INSTRUCCION

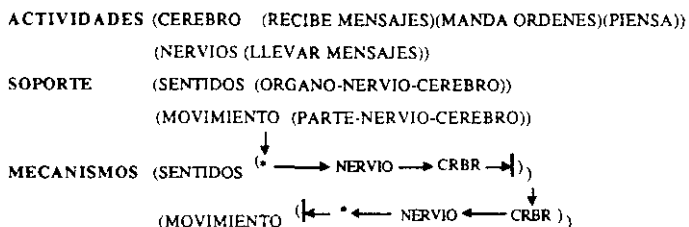
MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE FUNCIONES
DOBLE SISTEMA	Un sistema formado por: • El cerebro con forma redondeada • Unos conductos conectados al cerebro	-> El sistema cerebro+conductos se relaciona con actividades senso-motoras, pero no de modo consistente.
	Otro sistema: SN Especial	-> La función del SN Especial nunca se relaciona con la del cerebro.
	SN Especial constituido por: • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo	(3) SN se atribuye el nerviosismo (18) SN nerviosismo y "sensaciones"
Alumnos: 3, 18		
Alumnos: 15, 19	SN Especial constituido por: • Nervios interrelacionados.	(15) SN para nerviosismo y circulación (19) SN para el dolor
Alumno: 10	• El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios no son entidades materiales sino estados psicológicos. • El SN no se representa, pero se dice que está por el cuerpo.	-> Cerebro relacionado con actividades senso-motoras pero por vía cognitiva -> SN es para el nerviosismo
NO SISTEMA		
①		

POST-INSTRUCCION

MODELOS	MOELOS TOPOLOGICOS	MOELOS DE FUNCIONES
DOBLE SISTEMA	Un sistema formado por: • El cerebro con forma redondeada • Unos conductos conectados al cerebro	-> El sistema cerebro+conductos se relaciona con actividades senso-motoras
	Otro sistema: SN Especial	-> El cerebro se relaciona con el SN especial
	SN Especial constituido por: • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo y parte del cerebro.	-> SN especial es para mover el cuerpo
Alumnos: 3		
Alumnos: 19	SN Especial constituido por: • Nervios tubulares interrelacionados	-> SN es para el dolor
Alumno: 10	• El cerebro es una forma redondeada. • SN formado por una estructura abdominal (nervio central) y partículas nerviosas dispersas por el cuerpo.	-> Cerebro relacionado con la actividad corporal por vía cognitiva. -> SN es para hacer movimientos
UN SISTEMA ESPECIAL		
①		

13.2.3- Modelos sobre el mecanismo de ejecución del SN

Los cuatro alumnos que han diferenciado la médula, estructuras encefálicas diversas, y las neuronas formando parte de la estructura de los nervios (MODELO CUASI-ESCOLAR AVANZADO), explican el funcionamiento del sistema con un modelo igual al que denominamos Modelo 1º en la pre-instrucción, cuyo paradigma es el siguiente:



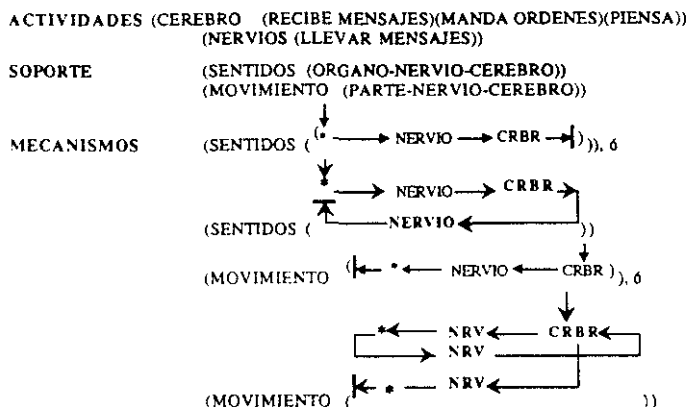
¿En qué afectan al mecanismo de funcionamiento los nuevos elementos diferenciados?. Como hemos indicado anteriormente, el considerar los nervios formados por cadenas de neuronas hace que estos escolares introduzcan un matiz importante en la explicación del modelo general de funcionamiento descrito: señalan que la transmisión de los mensajes por los nervios se realiza de neurona a neurona. Es decir, aunque el patrón general del mecanismo sea el mismo, su idea de transmisión es:

(CEREBRO -> NERVIO (= neurona-->neurona-->neurona-->....) --->* -->/)

Vamos a denominar a este modelo de funcionamiento como Modelo 1 A, donde A significa un avance sustancial en la interpretación del mecanismo como consecuencia de los cambios en el patrón topológico.

6 de los 12 alumnos cuyo modelo topológico hemos denominado CUASI-ESCOLAR, mantienen el Modelo 1 de funcionamiento descrito en la pre-instrucción sin ninguna modificación.

Los 6 restantes se diferencian del Modelo 1 porque en algún momento de sus explicaciones introducen un mecanismo de ida y vuelta de la información entre el cerebro y el órgano afectado. Su paradigma es:



En estos casos parecen hacer relación a la necesidad de una retroinformación para completar la acción. Se explica, por ejemplo, que el movimiento de la pierna requiere, al menos, tres trayectorias informativas: una primera orden del cerebro para lanzar la pierna hacia atrás, una segunda información de la pierna al cerebro cuando ya ha realizado esta trayectoria, y otra orden del cerebro para lanzar la pierna hacia adelante.

El que sea una secuencia de tres episodios puede deberse, como indicamos en otro lugar, a que se les presentaban dibujos de la patada con la pierna en dos posiciones. Pero lo que nos interesa aquí es señalar un cambio en la concepción de un mecanismo unidireccional a otro de doble dirección.

No nos es posible determinar con más finura las diferencias de los modelos de los alumnos que utilizan un mecanismo de ida-vuelta, en sentidos o en movimiento, pero nos parece un cambio significativo en el modo de conceptualizar el mecanismo de funcionamiento del SN; por ello, vamos a considerar este modelo, que denominamos Modelo 1R, caracterizado por la aplicación de mecanismos de ida-vuelta bien en sentidos o en movimiento, manteniendo el resto de las características como en el Modelo 1.

En la Tabla 13.5 se resumen las variaciones en los mecanismos de ejecución de los alumnos con modelo topológico cuasi-escolar.

Tabla 13.5- Variaciones en los mecanismos de ejecución, modelo cuasi-escolar

PRE-INSTRUCCION		
MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE EJECUCION
Alumnos: 1, 2, 4,5,6,7,8,9, 12, 13,14,17, 20	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos. 	<p><u>Modelo 1</u></p> <p>† Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos.</p> <p>En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva</p>
CUASI ESCOLAR (13)		
DOBLE SISTEMA SN ESPECIAL		
POST-INSTRUCCION		
MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE EJECUCION
1,5,9, 20	<ul style="list-style-type: none"> • Cerebro, cerebelo y bulbo raquídeo diferenciados. • Médula espinal diferenciada y nervios ramificados desde ella. • Nervios formados por neuronas conectadas. 	<p><u>Modelo 1A</u></p> <p>† Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos. La transmisión por el nervio se realiza de una neurona a otra de la cadena que forman los nervios.</p> <p>En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva</p>
CUASI ESCOLAR AVANZADO (4)		
Alms: 2,4, 6, 7,8,12,13,14, 17, 15, 18, 16.	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. • Considera los nervios como tubos. 	<p><u>Modelo 1</u></p> <p>† Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos.</p> <p>En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva</p>
CUASI-ESCOLAR (12)		<p><u>Modelo 1R</u></p> <p>† Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y nervios que conecta ambos.</p> <p>En estos soportes se puede generar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva; o, en algunos casos - un mecanismo bidireccional, esto es con ciclos de información de ida y vuelta

El alumno con modelo de transición varía el mecanismo de ejecución para ajustarlo a las características de los nervios: las órdenes del cerebro llegan a las "salas de mando" donde son interpretadas y salen para ser cumplidas. (Tabla 13.6). Designamos el nuevo mecanismo como Modelo 1M, donde M representa una modificación del modelo 1 original.

Tabla 13.6- Variaciones en los mecanismos de ejecución: modelo de Transición

PRE-INSTRUCCION		
MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE EJECUCION
Almn.: 11	<ul style="list-style-type: none"> El cerebro es una forma redondeada. SN especial formado por: <ul style="list-style-type: none"> un órgano central en el abdomen con células como las del cerebro unos conductos que van a partes del cuerpo que se mueven poco clara la conexión de este sistema con el cerebro 	Modelo 1 † Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos. En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva
TRANSICION ①		
PRE-INSTRUCCION		
MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE EJECUCION
Almn.: 11	<ul style="list-style-type: none"> El cerebro es una forma redondeada. SN formado por el cerebro+ nervios. <ul style="list-style-type: none"> Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo. Considera los nervios como tubos, que tienen unas estructuras especiales (salas de mando y cámaras) 	Modelo 1M † El cerebro interviene siempre en un soporte continuo. Se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano, según la acción sea motora o sensitiva. El conducto intermediario sólo es un nervio en determinadas acciones (movimiento) y entonces el mecanismo de transmisión tiene características peculiares.
TRANSICION ①		

Los 3 alumnos con modelos topológicos del SN ESPECIALES, tienen también modelos de funcionamiento que ya aparecían en la pre-instrucción, pero con algunas modificaciones que corresponden a los cambios que se han dado en la topología del sistema. Identificamos cada modelo con el N° que tenía en la pre-instrucción, pero añadimos la letra M para indicar que el modelo de funcionamiento inicial ha sido modificado en algún aspecto para acomodarse a los cambios topológicos acaecidos (Tabla 13.7).

Tabla 13.7.- Variaciones en los mecanismos de ejecución en modelos de SNs especiales

A Cusai

Escolar PRE-INSTRUCCION

MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE EJECUCION
DOBLE SISTEMA	Un sistema formado por: • El cerebro con forma redondeada • Unos conductos conectados al cerebro	<u>MODELO 2</u> † El cerebro interviene, unas veces en un soporte continuo en el que el conducto nunca es un nervio; otras veces el cerebro actúa sin necesidad de intermediario. Cuando hay soporte se genera un mecanismo unidireccional, según tipo de acciones. Para acciones sin soporte hasta que el cerebro piensa y se llevan a cabo.
Alumnos: 3, 18	Otro sistema: SN Especial	
Alumnos: 15, 19	SN Especial constituido por: • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo	† El SN Especial nunca se relaciona con el cerebro en un soporte; la única relación que puede existir es cognitiva, pero nunca porque el cerebro "mande", sólo sabe.
Alumno: 10	SN Especial constituido por: • Nervios interrelacionados.	
NO SISTEMA	• El cerebro es una forma redondeada. • Los nervios no son entidades materiales sino estados psicológicos. • El SN no se representa, pero se dice que está por el cuerpo.	<u>MODELO 3</u> † No se necesitan soportes continuos para ninguna de las actividades. El cerebro actúa mediante órdenes mentales y las partes corporales realizan las accns.

POST-INSTRUCCION

MODELOS	MODELOS TOPOLOGICOS	MODELOS DE EJECUCION
DOBLE SISTEMA	Un sistema formado por: • El cerebro con forma redondeada • Unos conductos conectados al cerebro	<u>Modelo 2M</u> † El cerebro interviene en un soporte continuo en el que el conducto no es un nervio. Se genera un mecanismo unidireccional, según tipo de Acciones.
Alumnos: 3	Otro sistema: SN Especial	
Alumnos: 19	SN Especial constituido por: • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo	† El SN Especial se relaciona ahora con el cerebro para realizar su función.
Alumno: 10	SN Especial constituido por: • Nervios tubulares interrelacionados	
UN SISTEMA ESPECIAL	• El cerebro es una forma redondeada. • SN formado por una estructura abdominal (nervio central) y partículas nerviosas dispersas por el cuerpo.	<u>MODELO 3</u> † No se necesitan soportes continuos para ninguna de las actividades. El cerebro actúa mediante órdenes mentales y las partes corporales realizan las accns.

En resumen, tras la instrucción, los modelos de mecanismos de funcionamiento que aparecen en esta muestra son los siguientes.

Alumnos con modelos topológicos del SN cercanos a la propuesta de la instrucción:

- Los alumnos que han desarrollado modelos morfológicos más finos del SN (4), han introducido modificaciones sustanciales en la microestructura del modelo general de funcionamiento. Es el que denominamos Modelo 1A.
- Una parte de los alumnos (6) cuyo modelo morfológico hemos denominado Cuasi-Escolar, siguen manteniendo el mismo modelo, Modelo 1.
- El resto de los alumnos con modelo morfológico Cuasi-Escolar (6), presentan una variante en relación al modelo de funcionamiento anterior: introducen una cierta retroalimentación informativa para explicar los sentidos o el movimiento. Hemos denominado Modelo 1R.

Alumnos con modelos especiales de morfología del SN:

- 2 de los 3 alumnos con SN especial tienen el modelo de funcionamiento que antes de la instrucción denominamos Modelo 2, con algunas variaciones acordes a las modificaciones morfológicas introducidas. Es el que ahora se denomina Modelo 2M.
- El alumno que ha pasado del modelo Fantasma o No Sistema al Sistema Especial topológico, no cambia de modelo de funcionamiento, aunque conciba ahora los nervios con entidad material. Lo denominamos Modelo3.

13.2.4- Caracterización de los modelos mentales y coherencia interna de los modelos personales

Como hicimos antes de la instrucción, relacionando los tres componentes considerados en el Modelo Mental de cada alumno, se pone de manifiesto que sigue existiendo coherencia entre la topología atribuida al sistema, la función general que le asignan, y su funcionamiento.

La Tabla 13.8 sintetiza los modelos mentales que aparecen en la muestra tras la instrucción señalando sus tres componentes. De estos cinco modelos mentales:

- Uno es nuevo, no aparecía en la pre-instrucción. Es el que denominamos CUASI-ESCOLAR AVANZADO. Se caracteriza por tener diferenciados un mayor número de elementos morfológicos y por un primer inicio de integración del nivel celular en los aspectos anatómicos y funcionales.

- El CUASI ESCOLAR se mantiene con las mismas características topológicas y funcionales que poseía antes de la instrucción. Hay una variación en el mecanismo que proponen parte de los alumnos que poseen este modelo: la aparición de una cierta retroinformación, de la que dejamos constancia por ser un indicio interesante en relación a futuras evoluciones.

- El modelo de TRANSICION tiene las mismas características que antes de la instrucción. Las variaciones en la topología del sistema son anecdóticas, y el mecanismo de ejecución se acopla a ellas.

- El DOBLE SISTEMA se mantiene esencialmente como antes de la instrucción: la única variación perceptible se debe a que, tras la instrucción, los alumnos que siguen manteniendo modelos de SN Especiales los relacionan ahora de algún modo con el cerebro, y desaparece la función de "ponerte nervioso" que antes solían atribuirles.

- Por último, el modelo un SN ESPECIAL tampoco es nuevo. Ahora, el alumno que lo genera le atribuye el movimiento, y el que lo tenía en 7º lo relacionaba con la circulación, pero las características de los componentes del modelo son las mismas.

El único modelo que desaparece tras la instrucción es el que denominamos Fantasma, porque no se conceptualizaba ninguna estructura, aparte del cerebro. Ahora todos los alumnos conceptualizan algún tipo de nervios y designan como SN a una serie de elementos corporales.

Tabla 13.8- Modelos mentales del SN tras la instrucción (N=20)

MODELOS MENTALES	TOPOLOGIA	FUNCIONES	MECANISMOS DE EJECUCION
CUASI-ESCOLAR AVANZADO (4)	<ul style="list-style-type: none"> Cerebro, cerebelo y bulbo raquídeo diferenciados. Médula espinal diferenciada y nervios ramificados desde ella Nervios formados por neuronas conectadas. 	<p>> El SN coordina dirige toda la actividad del cuerpo</p> <p>Nervios y cerebro forman una unidad funcional</p>	<p><u>Modelo 1A</u></p> <p>† Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos.</p> <p>En transmisión por el nervio se realiza de una neurona a otra de la cadena que forman los nervios.</p> <p>En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva</p>
CUASI-ESCOLAR (12)	<ul style="list-style-type: none"> El cerebro es una forma redondeada Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo Considera los nervios como tubos 	<p>> Este sistema tiene influencia en "toda" la actividad corporal, considerada de modo global. La expresan en términos senso-motores y cognitivos</p> <p>Nervios y cerebro forman una unidad funcional.</p>	<p><u>Modelo 1</u></p> <p>† Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos.</p> <p>En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva</p> <p><u>Modelo 1B</u></p> <p>† Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y nervios que conecta ambos.</p> <p>En estos soportes se puede generar:</p> <ul style="list-style-type: none"> un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva, o, en algunos casos un mecanismo bidireccional, esto es, con ciclos de información de ida y vuelta

(continúa)

Tabla 13.8 (continuación)

MODELOS MENTALES	TOPOLOGIA	FUNCIONES	MECANISMOS DE EJECUCION
TRANSICION ①	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada • SN formado por el cerebro+ nervios - Los nervios conectados al cerebro y ramificados por el cuerpo • Considera los nervios como tubos, que tienen unas estructuras especiales (salas de mando y cámaras) 	<ul style="list-style-type: none"> - > Este SN es para el movimiento, y para cualquier "sensación" que requiera un respuesta en términos de movimiento 	Modelo 1M † Cuando interviene el SN requiere un soporte continuo formado por el cerebro, una parte corporal y un nervio que conecta ambos. En este soporte se genera un mecanismo unidireccional con inicio en el cerebro u otro órgano según la acción sea motora o sensitiva. La información del cerebro es detenida y analizada por los nervios en unas estructuras especiales.
DOBLE SISTEMA ②	Un sistema formado por: <ul style="list-style-type: none"> • El cerebro con forma redondeada • Unos conductos conectados al cerebro Otro sistema, SN Especial constituido por: <ul style="list-style-type: none"> • Nervios, que son pequeñas estructuras inconexas dispersas por el cuerpo y parte del cerebro. • Nervios tubulares interrelacionados 	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema cerebro+conductos se relaciona con actividades senso motoras - > La función del SN Especial se relaciona con el cerebro, le compete alguna de las funciones del cerebro, pero no el resto 	Modelo 2M † El cerebro interviene en un soporte continuo en el que el conducto no es un nervio. Se genera un mecanismo unidireccional, según tipo de acciones. † El SN Especial se relaciona ahora con el cerebro para realizar su función.
SN ESPECIAL ①	<ul style="list-style-type: none"> • El cerebro es una forma redondeada • SN formado por una estructura abdominal (nervio central) y partículas nerviosas dispersas por el cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> - > Cerebro relacionado con la actividad corporal por vía cognitiva - > SN es para hacer movimientos 	Modelo 3 † No se necesitan soportes continuos para ninguna de las actividades. El cerebro actúa mediante órdenes mentales y las partes corporales realizan las acciones.

13.2.5- La consistencia de los modelos personales

Para comprobar la consistencia de cada alumno mediante la utilización de su modelo en otras situaciones, se realizó el mismo tipo de prueba que antes de la instrucción, la entrevista sobre ejemplos. De manera que al terminar la entrevista sobre situaciones, cada alumno tenía que señalar si el SN intervenía en actividades del cuerpo que se les presentaban en las tarjetas, y justificar brevemente sus respuestas.

Las tarjetas eran: 11. las mismas que antes de la instrucción, y dos se cambiaron porque resultaban una repetición de la entrevista sobre situaciones (ver y dar una patada), por otras dos relativas al funcionamiento de órganos internos no perceptibles: el riñón y el hígado.

Como sucedía antes de la instrucción, los alumnos y alumnas son consistentes aplicando su modelo a los nuevos casos; pero, de igual modo, esta consistencia pasa por unas restricciones impuestas a la función general atribuida en principio al SN. Analizamos de nuevo estas restricciones, para poner de manifiesto si, tras la instrucción, las regularidades en las restricciones se correspondían unívocamente con los modelos mentales descritos.

A modo de ejemplo, transcribimos las respuestas de algunos alumnos, para poner de manifiesto cómo incorporan a estas explicaciones los cambios que se dan en sus modelos mentales.

De los 4 alumnos que comparten el modelo Cuasi Escolar Avanzado, 3 no imponen ninguna restricción a su función original del SN, y el cuarto lo restringe a todo tipo de movimientos. Lo justifican así.

ALUMNOS Nº 5,9 y 20

SN (entrevista) (FUNCIONES (TRANSMITIR Y DIRIGIR todo))

TARJETAS: CEREBRO: interviene en:
sentimientos; sentidos; mvto. voluntario;
actos complejos.

CEREBELO: controla lo que es involuntario:
parpadear y estornudar; y mvto. órganos internos;
no interviene nada del encéfalo en:
funcnto. órganos internos; procesos internos.

SN: igual que el cerebro y el cerebelo y también el funcionamiento de todo lo interno, aunque no nos demos cuenta.

Estos alumnos mantienen en las nuevas situaciones que el SN interviene en TODO, pero especifican que ciertas actividades no voluntarias están bajo el control del cerebelo, no del cerebro, y aunque no saben explicar cómo se controlan otras actividades que no implican movimiento, aseguran que también están relacionadas con el SN, aunque no directamente con las estructuras del encéfalo.

ALMN. N° 1

SN (entrevista (FUNCIONES (TRANSMITIR Y DIRIGIR todo))

TARJETAS: CEREBRO: interviene en:
sentimientos; sentidos; mvto. voluntario;
actos complejos.

CEREBELO: controla lo que es involuntario:
parpadear y estornudar; y mvto. órganos internos;
no interviene nada del encéfalo en:
funcnto. órganos internos que no percibe mvto;
procesos internos.

SN: igual que el cerebro y el cerebelo.

Este alumno lo justifica señalando que los nervios llevan impulsos nerviosos a los músculos para que produzcan movimientos o reaccionen ante sensaciones; pero en lo que denomina "funciones naturales", como el trabajo del hígado, los riñones o el intestino, eso es independiente del SN. Es la restricción que denominábamos NO FUNCIONES. Pero sí considera en este caso la intervención del SN en movimiento de órganos internos. Denominaremos este tipo de restricción NO FUNCIONES (sí movimiento.)

Los 12 alumnos del modelo Cuasi Escolar imponen ahora las siguientes restricciones:

TODO: 3 alumnos no imponen ninguna restricción.

NO FUNCIONES: 7 alumnos hacen intervenir al SN en todo, excepto en las funciones de los órganos, "porque eso es de otros órganos"; incluyen aquí la no intervención del nervioso en los movimientos de órganos internos.

NO MOVIMIENTOS INVOLUNTARIOS: 2 alumnos hacen intervenir al SN en todo, excepto en lo que denominan movimientos involuntarios, como el latido normal del corazón, los movimientos respiratorios o el estornudo.

Los 4 alumnos que representan algún SN Especial plantean restricciones más idiosincráticas, acordes con su modelo.

ALMN. N°11: tiene el modelo de transición y consideraba que la función del SN era mover el cuerpo. Hace intervenir el SN en las acciones que implican movimiento, pero no de órganos internos. Parece atenerse a los movimientos de partes externas (brazos, ojos, cabeza), sin diferenciar si son voluntarios o no. Denominamos esta restricción MOVIMIENTO CORPORAL.

ALMNS. N° 3 y 19: poseen el modelo de Doble Sistema. El N° 3 atribuye al SN Especial el movimiento del cuerpo y el 19 el dolor.

Ante las tarjetas, el N° 3 hace intervenir al sistema de cerebro +conductos en los sentidos, y en el funcionamiento de órganos internos, pero el SN sólo interviene en los que denomina MOVIMIENTOS VOLUNTARIOS, que son escribir, mover brazos y piernas, etc (recordemos que colocaba los nervios en las articulaciones), pero no en otros movimientos, como parpadear, latido del corazón, etc., que denomina automáticos.

El N° 19 es un caso parecido, el cerebro +conductos interviene en todas las actividades, pero el SN sólo interviene en el parpadeo, porque es el único ejemplo en el que este alumno juzga que se produce cierta molestia al incidir una luz potente. También había explicado la intervención de los nervios en el dolor, en la entrevista sobre situaciones, al chocar el pie con la piedra. Es la restricción SENSACIONES/DOLOR que ya mantenía este alumno antes de la instrucción.

ALMN. N° 10: que tiene el modelo Sistema Especial, relacionaba al cerebro con todas las actividades, por vía mental, y al SN Especial era para hacer movimientos. En las tarjetas, el cerebro interviene en todas menos en los que denomina MOVIMIENTOS INVOLUNTARIOS, como el parpadeo, estornudo, paso de gases y alimentos, latido rápido del corazón, que los controla el SN.

Todas las restricciones que invocan los alumnos tras la instrucción se representan en la Tabla 13.89 Aunque estas restricciones continúan sin ser específicas de modelos determinados, sí parece que se van centrando más en relación a los mismos. Los alumnos con modelo mental Cuasi Escolar Avanzado tienden a imponer menos restricciones que los del Cuasi Escolar, y los de modelos

con SNs especiales restringen con criterios mucho más idiosincráticos que los otros modelos.

Tabla 13.9- Restricciones impuestas a las funciones del SN

MODELOS	MODELOS DE FUNCIONES	CRITERIOS DE RESTRICCION
CUASI ESCOLAR AVANZADO (4)	-> El SN coordina/dirige toda la actividad del cuerpo -> Nervios y cerebro forman una unidad funcional.	INTERVIENE EN TODO (3) NO FUNCIONES (si movimiento) (1)
CUASI- ESCOLAR (12)	-> Este sistema tiene influencia en "toda" la actividad corporal, considerada de modo global. La expresan en términos senso-motores y cognitivos. -> Nervios y cerebro forman una unidad funcional.	INTERVIENE EN TODO (3) NO FUNCIONES (7) NO MOVIMIENTOS INVOLUNTARIOS (2)
TRANSICION (1)	-> Este SN es para el movimiento, y para cualquier "sensación" que requiera una respuesta en términos de movimiento.	MOVIMIENTO CORPORAL
DOBLE SISTEMA (2)	-> El sistema cerebro-conductos se relaciona con actividades senso-motoras -> La función del SN Especial se relaciona con el cerebro, le compete alguna de las funciones del cerebro, pero no el resto.	SENSACIONES /DOLOR (1) MOVIMIENTO VOLUNTARIO (1)
UN SISTEMA ESPECIAL (1)	-> Cerebro relacionado con la actividad corporal por vía cognitiva. -> SN es para hacer movimientos	MOVIMIENTOS INVOLUNTARIOS

13.3- La representación del SN y otros sistemas corporales internos

Aunque sea de un modo muy somero, nos parece interesante dar cuenta de las ideas de los alumnos sobre otros sistemas corporales, que puedan servir de referencia para situar el estado de sus ideas sobre el SN.

No hemos indagado directamente en este tramo de la muestra las ideas de los alumnos sobre otros sistemas internos: únicamente les pedimos que los dibujaran para poder analizar: 1º) si existen diferencias apreciables entre sus representaciones del SN y las de otros sistemas; y 2º) si aparecen, en estos otros sistemas, algunas de las características descritas por otros autores. Realizaron esta prueba 40 niños compañeros de los entrevistados, además de estos últimos.

13.3.1- Los dibujos sobre el SN

Nos sorprendió el primer análisis de los dibujos de los niños sobre el SN: sólo un 15% representaban el cerebro y los nervios, frente al 85% que únicamente dibujaban el cerebro, mientras que otros sistemas aparecían representados con más detalle. Incluso en los dibujos de los niños que habían sido entrevistados, el SN se reducía en muchos casos al cerebro. Por alguna razón parecía que el SN, del que teníamos evidencia que conocían más detalles, permanecía implícito frente a un mayor protagonismo de otros sistemas.

Pensamos que el modo como se les pidió que realizaran los dibujos pudo influir en estos resultados: se había dicho a los niños que dibujaran, en unas siluetas que se les proporcionaron, todo lo que conocían sobre el interior del cuerpo. Volvimos a repetir la prueba; esta vez se les indicó qué sistemas debían dibujar en cada silueta. Los resultados se exponen a continuación.

Alumnos no entrevistados

- En un 33% de los dibujos no aparecen nervios. En ellos encontramos las siguientes variantes
 - 20% sólo está representado el cerebro como una forma redondeada;
 - 5% diferencian el cerebro del cerebelo;
 - 8% incluyen en el cerebro otras estructuras como neuronas, nervios o SN.
- En un 57% aparecen cerebro y nervios y se pueden considerar tres niveles de complejidad en las representaciones:
 - I. 10% cerebro como una forma indiferenciada y nervios por el cuerpo sin eje de ramificación;
 - II. 27% cerebro como una forma indiferenciada y nervios ramificados desde un eje central, cuyo nombre no siempre identifican con la médula espinal; otras veces lo nombran como "espina dorsal";
 - III. 20% diferencian cerebro y cerebelo, identifican la médula espinal y los nervios se ramifican desde ella.
- Un 10% de los dibujos fueron considerados no clasificables y eliminados del conjunto, por la dificultad de distinguir lo que dibujan y por no venir rotulados.

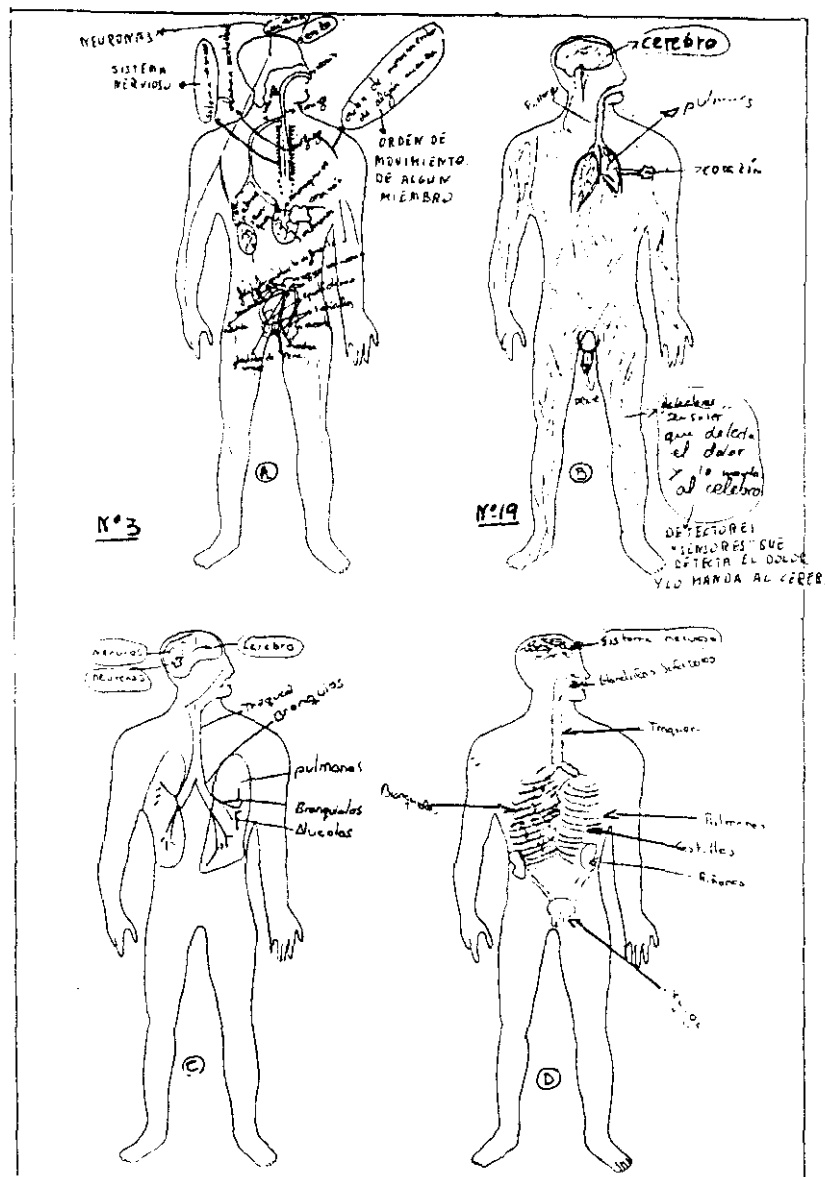
Alumnos entrevistados

Aunque conocíamos sus representaciones del SN, realizaron los dibujos como sus compañeros, para que la prueba la llevaran a cabo en las mismas condiciones que ellos.

- El 15% de los niños que tenían modelos morfológicos especiales del SN no los representan con el detalle con que lo hicieron durante la entrevista; ahora se limitan a dibujar el cerebro y añaden algunos comentarios relativos a la actividad del sistema (Figuras 13.8 Ay B)
- El 20% que había diferenciado las diversas estructuras encefálicas y la médula, además de los nervios, las representan en sus dibujos.

Figura 13.8- Representaciones del SN

(A y B : SN Especial, niños de la muestra) (C y D : SN Especial? niños no entrevistados)



- En el 60% de los que tenían un modelo cercano al escolar aparecen el cerebro y los nervios ramificados, en la mayoría desde un eje central. En alguno de estos dibujos representan las neuronas, por ejemplo el Dibujo 13 corresponde a la niña que en la entrevista señalaba que "las neuronas están junto a los nervios".

Aunque no se aprecian con claridad en los dibujos de los compañeros modelos especiales del SN, es posible que los que existan se encuentren en el grupo de los que no representan nervios. De hecho, en este grupo hay un 8% con representaciones del cerebro más particulares (Figura 13.8 C y D). El resto de los dibujos se ajustan bastante a los modelos y proporciones encontrados en los niños entrevistados.

13.3.2- Representación de otros sistemas corporales

Como indicamos en la revisión bibliográfica, las ideas de los alumnos sobre el aparato y procesos digestivos son las más documentadas en la literatura, seguidas por el circulatorio. Nos centramos por tanto en estos dos aspectos.

Los trabajos de Banet y Núñez (1988,1989) señalan las discrepancias entre el modelo escolar del digestivo que ha sido estudiado y algunas de las ideas que los alumnos expresan en 8º de EGB. Destacan: confusión o ausencia de ciertas partes del tramo superior del tubo digestivo (faringe, esófago y su relación con la laringe); transposiciones en el orden de diferentes órganos de dicho tubo: errores en la localización del hígado y el páncreas; y la existencia de un 10% de alumnos que suponen una doble vía a partir del estómago.

Estas mismas características aparecen también en los dibujos de nuestros alumnos (Figura 13.9) .

Las ideas sobre el funcionamiento de este sistema en este nivel educativo se caracterizan por: tener una idea general de la digestión referida a la descomposición de los alimentos en sustancias más sencillas, pero sin saber explicar en qué consiste dicha transformación; considerar el estómago como el órgano central del proceso digestivo en cuanto es el lugar en el que dicha actividad tiene la mayor intensidad; además, un 45% considera que la absorción se lleva a

cabo primordialmente en el intestino delgado, pero un 30% tienen ideas muy particulares sobre lo que es la absorción.

Podemos suponer que las ideas sobre los procesos digestivos de los niños de nuestra muestra no diferirán mucho de las citadas; de hecho, tenemos datos de estos tipos de explicaciones en nuestros trabajos con alumnos de 8º de EGB y 1º de FP realizados en otra ocasión (Serrano, 1990).

Lo mismo ocurre en relación con el circulatorio. Como en los trabajos de Arnaudín y Mintzes (1985), en los dibujos aparecen evidencias de un modelo de circulación más cercano al modelo escolar -doble circulación-, junto a otros que representan una sola vuelta, o los que tienen ideas más idiosincráticas y conectan directamente el corazón a los pulmones (Figura 13.10).

Este somero análisis de los dibujos sobre el cuerpo humano ha puesto de manifiesto una serie de aspectos que podemos resumir así:

- Respecto al SN:
 - los alumnos de estos dos centros que no fueron entrevistados representan el SN de la misma manera que lo hacen sus compañeros entrevistados;
 - los alumnos tienden a no representar los nervios si no se les pide expresamente que dibujen el SN;
 - los alumnos que durante la entrevista representan modelos morfológicos especiales del SN, tienden a dibujar solo el cerebro en otro tipo de pruebas sobre dicho sistema.
- Respecto a otros sistemas corporales:
 - las características morfológicas descritas en otros trabajos aparecen también en los dibujos de estos alumnos.

Figura 13.9- Representaciones de otros sistemas internos(ver digestivo)

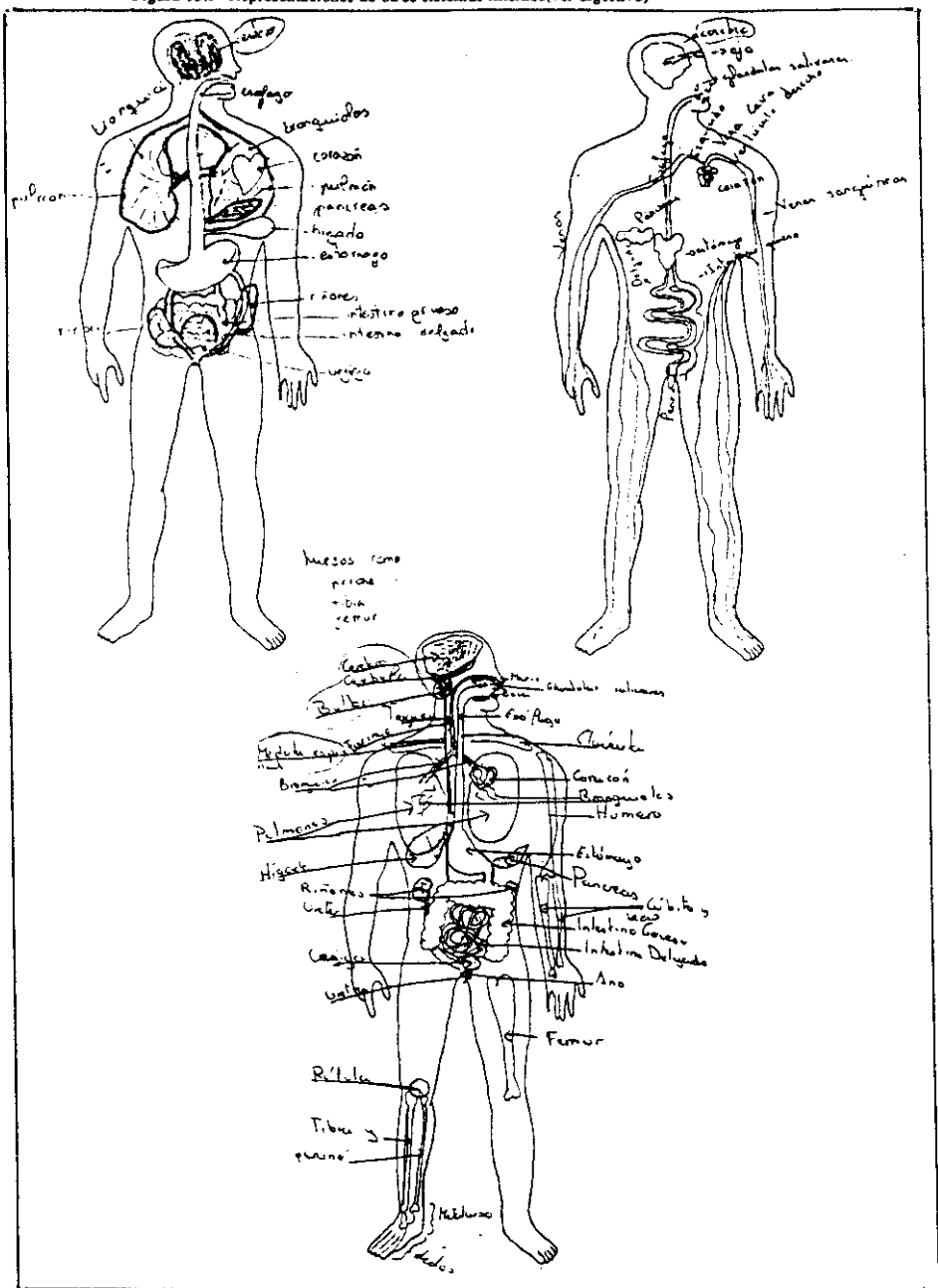
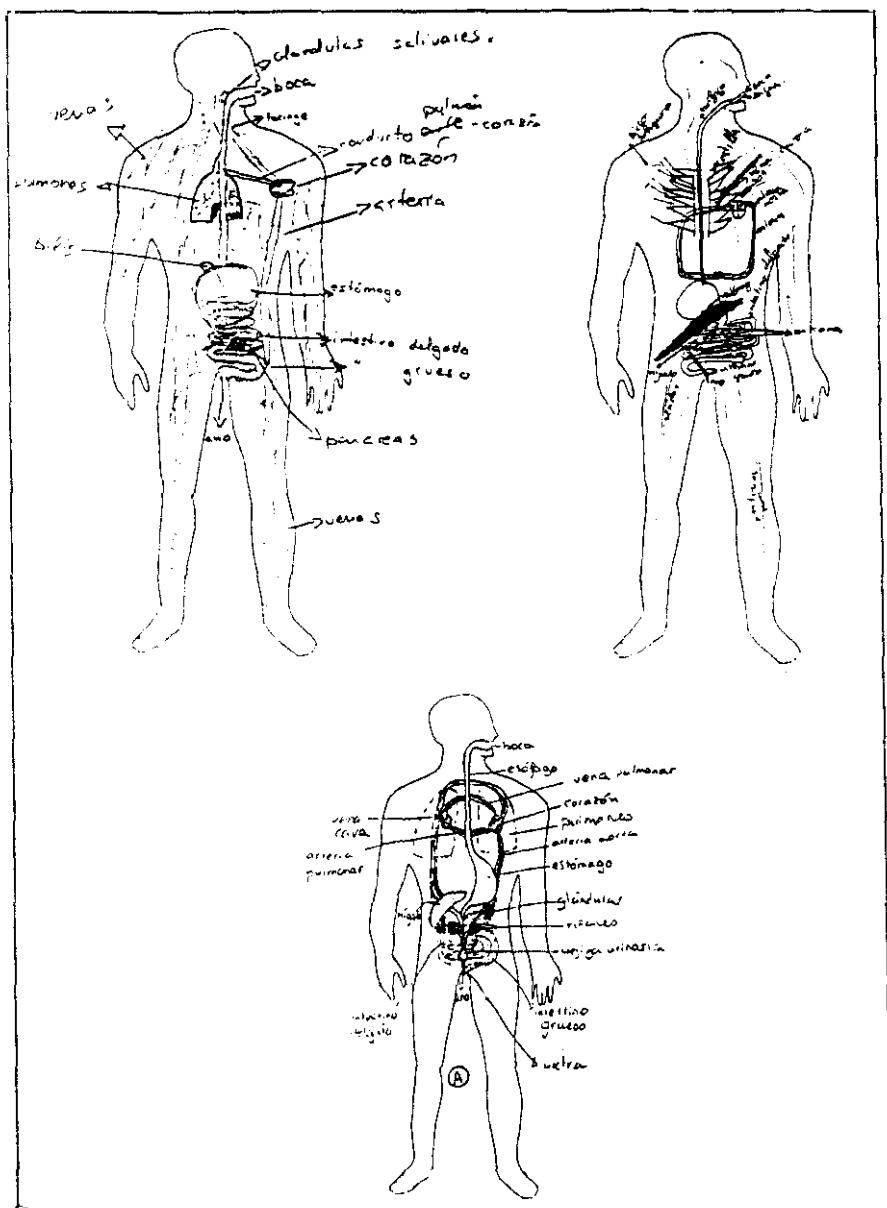


Figura 13.10- Representaciones de otros sistemas internos(ver circulatorio)



13.4- Síntesis y discusión: las ideas sobre el SN tras la instrucción

Como indican los datos analizados en este capítulo, la instrucción introduce algunas variaciones en las ideas de los alumnos sobre el SN, que pasamos a comentar.

13.4.1-Diferenciación /integración de los conocimientos

En lo que se refiere a la topología del sistema:

- El cerebro sigue considerándose mayoritariamente como una estructura unitaria, y sólo un 25% diferencian cerebro, cerebelo y bulbo. Los nervios son entidades materiales consideradas generalmente como tubos.
- Todos los alumnos conciben ahora que el *SN está formado por el cerebro y nervios*, pero esta uniformidad encierra las variantes siguientes:
 - 15% (un 20% menos que antes de la instrucción), sigue manteniendo un *esquema de SN Especial* en el que se identifican los rasgos básicos que cada alumno consideraba antes de la instrucción. Estos alumnos han incorporado a la morfología del sistema una manera de conceptualizar los nervios, en los casos en que no se les concedía entidad física, y un modo de conectarlos al cerebro.
 - 85% representan el SN con una *morfología más cercana a la propuesta por la instrucción*: el cerebro, con los nervios conectados a él y ramificados por el cuerpo. Dentro de este patrón, que ya existía antes de la instrucción, aumenta el número de alumnos (de 3 a 10) que especifica un eje central de ramificación de los nervios, aunque no todos lo identifiquen como médula espinal.
- El *nivel celular de descripción* que propone la instrucción está poco diferenciado en las explicaciones de los alumnos. 25% integran las neuronas en la estructura del cerebro y los nervios; 20% hablan de que en el cerebro hay células, y un 10% las relacionan con los nervios. La mayoría siguen pensando en el cerebro como una masa de naturaleza variada (no celular) y en los nervios como tubos de un *material elástico*.
- En relación a la pre-instrucción, se ha dado, por tanto, un aumento en la diferenciación de aspectos morfológicos.

Respecto a las funciones que se le atribuyen al sistema encontramos:

- Cuando se refieren al SN en términos globales, un 35% le atribuye una función específica (movimiento, dolor, etc.), mientras que el resto lo implica con *el funcionamiento del cuerpo*, en una función poco diferenciada en principio. Ahora se le adjudican al SN funciones similares a las que se describen para el cerebro, y se consideran los nervios como las vías de transmisión de toda la información que circula entre el cerebro y el cuerpo (excepto los alumnos de SN Especial que los limitan a ciertos tipos de información).
- Como sucedía antes de la instrucción, *esta implicación genérica del SN en el funcionamiento de todo el cuerpo se restringe* cuando los alumnos tienen que *determinar su intervención en una gama amplia de actividades corporales*.
- Las justificaciones para la intervención/no intervención del SN en diferentes aspectos del funcionamiento corporal siguen siendo las que se daban antes de la instrucción: por necesidades cognitivas o de control de la actividad. En su función de control, el cerebro parece mantener una posición de *líder psico-fisiológico*, no relacionada con claridad con una coordinación de funcionamientos automáticos, sino con el modo de realizar su función órganos o sistemas concretos. El cerebro, como explica un alumno, "tiene que controlar los movimientos de los pulmones porque no van a hacerlo ellos por su propia voluntad y sin orden"

Las explicaciones sobre los mecanismos de funcionamiento del SN experimentan pocos cambios.

- Sigue siendo mayoritaria la concepción de un soporte formado por el cerebro, un nervio y la estructura corporal implicada en la acción, en el que se da una *transmisión unidireccional* de información entre los extremos. Aparece un número de alumnos (7) que introducen una modificación en el mecanismo: la transmisión no es unidireccional, se realiza en *ciclos de ida y vuelta entre el cerebro y el efector*, pero lo aplican de manera inconsistente.
- Los alumnos que *integran las neuronas en la estructura de los nervios* introducen un matiz importante en la microestructura del mecanismo anterior: la transmisión se realiza de neurona a neurona. Son los representantes de una *primera integración estructura-función a nivel celular* que subyace al nivel orgánico.

- Finalmente, parece consolidarse la idea de que *la información que se transmite tiene naturaleza física*: son corrientes eléctricas o como unas vibraciones de los nervios. La naturaleza de la información no se relaciona funcionalmente con el tipo de transmisión.

13.4.2- Variaciones en los modelos mentales

Tras la instrucción, hemos descrito cinco modelos mentales (Tabla 13.8), cuatro de los cuales se corresponden con modelos que se daban antes de la instrucción y uno es nuevo. Desaparece uno de los modelos de la pre-instrucción. Los modelos en este momento son:

• Modelo Cuasi-Escolar

Sigue siendo el que poseen la mayor parte de los alumnos (60%). Mantiene básicamente las mismas características que antes de la instrucción en sus componentes topológicos, de función y de mecanismos. La única modificación que hemos señalado es una variante, en algunos alumnos, del mecanismo de ejecución: aparece una tímida noción de retroinformación nerviosa.

Nueve de los niños que plantean este modelo lo tenían ya antes de la instrucción, y los tres restantes han evolucionado a él desde modelos de SNs especiales. Como veremos más adelante, y sobre todo en el próximo capítulo al analizar el modelo conceptual de SN propuesto por la instrucción, la preponderancia de este modelo entre los alumnos parece una consecuencia plausible del proceso instructivo.

• Modelo Cuasi- Escolar Avanzado

Este modelo no existía en la muestra antes de la instrucción. Lo poseen un 20% de los alumnos. Antes de la instrucción estos mismos sujetos tenían un modelo Cuasi- Escolar. Las características más notables de este modelo son: un estadio mas avanzado de diferenciación /integración de estructuras-funciones a nivel morfológico; y una diferenciación a nivel celular de estructuras que relacionan de modo elemental con la transmisión nerviosa. Este modelo es el que parece haberse beneficiado más de la instrucción.

• Modelo Doble Sistema

Lo mantienen dos alumnos (10%) que ya lo planteaban antes de la instrucción. Conserva las mismas características, pero desaparece la tendencia a atribuirle al SN Especial la función de "ponerte nervioso"; ahora lo relacionan con aspectos senso-motores particulares, dejando el resto de las funciones del cerebro para el otro sistema de conductos que siguen manteniendo. La instrucción puede haber propiciado en algunos de los alumnos que mantenían este modelo en 7º la desaparición del sistema de nervios especiales.

• Modelo de Transición

Lo conserva el mismo sujeto que antes de la instrucción. Es un modelo que se parece al Cuasi-Escolar, pero este alumno, aunque introduce unos cambios, no se desprende de ciertas particularidades morfológicas y funcionales que les venía atribuyendo a los nervios.

• Modelo SN Especial

No es nuevo como modelo, pero el alumno que lo manifiesta proviene del Modelo Fantasma de la pre-instrucción. Este alumno ha pasado, de no conceptualizar un SN, a concebir un SN especial. La instrucción es responsable, probablemente, de que conozca la existencia de algo que se denomina SN, pero no desplaza sus ideas personales.

13.4.3- Influencia del pensamiento analógico

En los dos centros escolares a los que asisten los alumnos de la muestra, el SN, que se estudiaba por vez primera, estaba inserto en un plan de trabajo en que se planteaban de nuevo otros sistemas corporales que ya conocían los alumnos. Nuestra hipótesis es que este contexto favorece el que se siga utilizando implícitamente el mecanismo de razonamiento analógico que se ha descrito anteriormente.

Desde esta perspectiva, es explicable que los alumnos, tras la instrucción, hayan diferenciado algunos aspectos más relativos a los órganos que componen este sistema y a sus relaciones a niveles morfológico-funcionales, siguiendo el

modelo general de los otros sistemas que ya se ha comentado. Por ejemplo: se ha generalizado la conexión cerebro-nervios y aumenta la representación de un eje central de ramificación; se afianza también la atribución de funciones diferenciadas para cerebro y nervios, y consistentemente, se consolida un funcionamiento coordinado de estos órganos en el sistema. Como resultado, se modifican, sin desaparecer, los "conductos" que antes de la instrucción eran ajenos a este sistema, pero cumplían funciones similares a los nervios; ahora, los relacionan de algún modo con el cerebro.

En síntesis, se han afianzado y establecido diferenciaciones en los aspectos del SN que se pueden relacionar con el modelo base de la analogía. Sin embargo, otros aspectos del Modelo Conceptual de la instrucción, entre los que se encuentran aquellos que las profesoras dicen haber priorizado (la neurona, partes del SN y actos nerviosos), no parece que se hayan incorporado a las ideas de los alumnos. Creemos que esto puede justificarse también desde el proceso de pensamiento analógico.

Algunas de las regularidades que configuran el modelo que da cuenta de los sistemas corporales, sobre el que construir la analogía, no se corresponden con aspectos de este nuevo sistema, y por otro lado, otros datos relativos al SN no parecen tener análogo en la estructura general. Por ejemplo:

- Los alumnos conocen que los sistemas están formados por órganos claramente diferenciados y situados: esto tiene su correlato en el cerebro y los nervios y la estructura general de configuración del SN en el cuerpo, como acabamos de ver. Ahora bien, como veremos en el capítulo siguiente, el Modelo Conceptual del SN en la instrucción se plantea desde la consideración de dos partes en el SN (SN Cerebroespinal y SN Autónomo) en el que los componentes que conocen, cerebro y nervios, se integran de modo diferente en cada uno de ellos y las implicaciones cobran más sentido a niveles funcionales que morfológicos.
- Junto a lo anterior, en los sistemas que conocen no se ha hecho referencia al nivel celular (no se suele plantear cuál es la célula típica del digestivo o del circulatorio), mientras que en el SN, la neurona ocupa un lugar central en el Modelo Conceptual y en las intenciones didácticas de las profesoras, no sólo a nivel morfológico-descriptivo, sino que la explicación de la transmisión nerviosa se realiza a nivel celular.

- Si pasamos a la intervención del SN en la actividad corporal, la transposición analógica se hace más difícil. Las funciones de los sistemas que conocen se refieren a aspectos concretos, bien delimitados, de la actividad corporal (transformar alimentos, hacer circular la sangre, etc.), y la estructura de los sistemas (tubos, bolsas) se relaciona bien con estos cometidos. La intervención del SN en la actividad corporal se expresa con términos mucho más abstractos (regula, coordina, controla), cuyo significado en este contexto es más preciso que cuando los términos se emplean en el lenguaje común, y referidos además a actividades relativas a otros sistemas, cuyo funcionamiento se considera autónomo.

La dificultad para integrar los datos del SN que no pueden relacionar analógicamente con su idea de los sistemas corporales, hace que los alumnos los memoricen en un primer momento, sin relacionarlos en la estructura que tienen interiorizada (situación de la que veremos indicios en los cuadernos de trabajo y evaluaciones), y luego los olviden, o por lo menos no los utilicen, cuando recurren al SN para explicar determinadas situaciones (entrevista post-instrucción).

Como señala Vosniadou (1989), esta situación puede interpretarse desde la no existencia de conocimientos relevantes en la base que actúa como modelo, para poder inferirlos en el nuevo sistema. Esta falta de conocimientos se refiere en nuestro caso, por ejemplo: a las relaciones que existen entre los sistemas que conocen, para mantener el cuerpo en funcionamiento; a la existencia de sistemas cuya función específica es coordinar los procesos atribuidos a los sistemas conocidos - y para ello, funcionan con mecanismos más complejos que los que conocen en otros sistemas - y a las relaciones entre el nivel morfo-funcional macroscópico (orgánico) y el nivel celular.

Existen en la literatura algunos trabajos que ponen de manifiesto la no existencia de estos tipos de conocimientos en los alumnos de edades similares a la nuestra. Clement y al. (1983), señalan las dificultades de los alumnos para poner de manifiesto las relaciones digestivo-circulatorio, para explicar los procesos de nutrición; y Arnaudín y Mintzes (1985) señalan que gran parte de alumnos de diferentes edades no saben adónde va el aire que llega a los pulmones. Dreyfus y Jungwirth (1988, 1989) describen la no comprensión de las relaciones entre la teoría celular y los aspectos morfológicos generales. Nuestro trabajo pone de

manifiesto la dificultad de concebir la injerencia de un sistema en las funciones de otros.

13.4.4- El SN en el contexto de otros sistemas corporales

Del somero análisis de las ideas de los alumnos sobre otros sistemas internos podemos únicamente aventurar algunos aspectos, que requerirían posterior confirmación. Destacamos los siguientes.

A nivel de componentes morfológicos, los alumnos diferencian en el SN sus órganos principales, cerebro y nervios, al igual que diferencian los órganos del resto de los sistemas internos. Si en una primera apreciación, el SN parece menos representado que otros en los dibujos de un buen número de alumnos, puede deberse a que otras estructuras diferenciadas en la instrucción (*cerebro-cerebelo-bulbo*) constituyen para los alumnos partes de un órgano. Nos parece una situación comparable a la representación del corazón: en algunos dibujos se representa con aurículas y ventrículos, pero es más normal que aparezca como una estructura homogénea. Quizás sea también esta homogeneidad estructural la que les lleva a simplificar la denominación del tramo superior del tubo digestivo, fusionando en una sola *faringe-esófago* (Banet y Núñez, 1988).

La falta de diferenciación de ciertas estructuras en diferentes sistemas, puede estar relacionada con la no atribución de funciones específicas a estas partes en la función general del sistema: es lo que parece suceder con el SN. Esto propiciaría el que no se recuerden, al aumentar el tiempo transcurrido tras la instrucción.

El mecanismo de funcionamiento del SN se representa con un esquema de transmisión unidireccional sencillo, sin que se diferencien con precisión los puntos de inicio y fin, o los cambios en la transmisión de unos elementos del soporte a otros. La trayectoria de la sangre y el funcionamiento del corazón tienen también esquemas muy simples en las ideas de los niños (Arnaudín y Mintzes, 1985).

Los procesos que sufren los alimentos en el digestivo (Banet y Núñez, 1989; Clement y al., 1983) parecen ser descritos con un poco más de detalle por los alumnos de estas edades, pero algunos de los términos clave utilizados

(descomponer alimentos, mezclarse con los jugos digestivos, absorción, sustancias nutritivas) son oscuros para los mismos que los emplean.

La diferencia más notable entre el SN y el resto de los sistemas se aprecia a nivel de determinar la función general que desempeñan en el cuerpo. Mientras que la función del nervioso se expresa en términos muy poco concisos, y su amplitud inicial sufre restricciones diversas al tener que determinar su actuación en una gama de situaciones concretas, las funciones de otros sistemas se centran más en relación a sus cometidos. En cualquier caso, las dificultades existentes en los alumnos para relacionar las funciones y conexiones de distintos sistemas internos (Clement y al., 1983; Bazan, 1984; Arnaudín y Mintzes, 1985; Méndez y al., 1986; Giordan y Vecchi, 1987), pueden dar sentido a la dificultad de comprensión que les plantea la compleja función del sistema nervioso.

14. LA INSTRUCCION: MODELO CONCEPTUAL DEL SN E INTENCIONALIDAD INSTRUCTIVA

14.1- El análisis de la instrucción

En este capítulo nos proponemos dar algunas referencias sobre la instrucción relativa al SN llevada a cabo en cada centro. Dejamos fuera del alcance propuesto para este trabajo analizar cómo se llevó a cabo la instrucción en términos de las estrategias utilizadas por las profesoras, las actividades realizadas por los alumnos, las interacciones en el aula, etc. No obstante, haremos referencia a estos aspectos a través de lo que cada profesora refirió en la entrevista que mantuvimos con ellas.

Merrill (1973) hace una primera distinción entre el análisis del contenido de la instrucción y el análisis de la instrucción. En el primer caso se trata de un procedimiento para identificar los *tipos de contenido* propuestos para un área determinada y sus relaciones, mientras que en el segundo se trata de discriminar los *tipos de aprendizaje* que se pretende lograr. De estos dos aspectos, los tipos de aprendizaje que estas profesoras pretenden podrían inferirse de los objetivos y las actividades de aprendizajes propuestas en los planes de trabajo (o programaciones) siempre que ambos vengan expresados con un cierto nivel de especificidad. El contenido podría extraerse de los objetivos específicos de los planes y de los materiales básicos utilizados por los alumnos para su trabajo.

Analizar otros componentes del proceso de instrucción supondría procedimientos más complejos de recogida de datos y análisis que, si bien nos aportarían aspectos interesantes para analizar los cambios habidos en las ideas de los alumnos, requerirían un enfoque y objetivos diferentes a los utilizados en este trabajo. A pesar de todo, basarnos tan solo en los planes de trabajo escritos nos parecía arriesgado, ya que nuestra experiencia en el mundo de la formación del profesorado nos ha llevado a constatar que:

- con mucha frecuencia, los planes o programaciones que escriben los profesores suelen tener un alto nivel de generalidad;

- son un requisito formal más que una guía para la instrucción;
- los profesores no le asignan la misma importancia a todo lo que expresan en los planes o programaciones.

Por todo esto es arriesgado sacar demasiadas conclusiones de este tipo de documentos.

Decidimos finalmente dar una idea comprensiva de la instrucción poniendo de manifiesto los aspectos siguientes:

- a)- Modelo Conceptual (MC) del SN propuesto por la instrucción. Este aspecto comprende fundamentalmente la identificación de los tipos de contenido (y sus relaciones) relativos al SN. Pero también parece importante señalar el contexto en el que se plantea (relación con otros temas del plan de trabajo) y cómo fue introducido a los alumnos.
- b)- Contenidos del Modelo Conceptual (MC) que el profesor considera más importantes en el aprendizaje.
- c)- Actividades de aprendizaje y evaluación del Modelo Conceptual del SN que lleva a cabo el profesor.

El MC (a) propuesto constituye el contenido de la instrucción y los elementos (b) y (c) forman lo que hemos denominado intencionalidad instructiva, esto es, las matizaciones que la profesora hace al Modelo Conceptual en términos de lo que consideran que es esencial aprender, bien porque así lo afirman (b) o porque centran en ello la evaluación (c).

14.2- Recogida de datos

Para el análisis de los puntos citados se recogieron los datos siguientes:

- *Planes de trabajo* en los que se incluye el estudio del SN. Las dos profesoras los tenían escritos. En ellos se determinaban objetivos, contenidos, actividades, duración del plan, etc.

- *Materiales empleados* por los alumnos para el trabajo sobre el SN. En ambos centros se utilizó un libro de texto como material básico, aunque los alumnos podían utilizar otros libros de la biblioteca de aula.
- A través de entrevistas, llevada a cabo después de finalizar las pruebas con los alumnos, se recogieron *las ideas de cada profesora* sobre: los puntos más importantes del tema, el modo de introducir el SN, su percepción de la dificultad del tema en sí y para los alumnos, el modo de evaluación, su satisfacción/insatisfacción con el planteamiento didáctico realizado, etc.

14.3- Modelo Conceptual de SN propuesto por la instrucción

Un modelo conceptual es, según Norman (1983), un instrumento creado para el aprendizaje o la enseñanza de un sistema determinado. En nuestro caso, por MC escolar del SN entendemos una estructura de contenidos propuesta para enseñar el SN a los alumnos. El MC escolar del SN viene determinado por los tipos de contenidos que aparecen en sus libros de texto y las relaciones establecidas entre ellos.

Existen métodos variados de proceder al análisis del contenido de la instrucción (Merrill, 1973; Smith, 1974; Shavelson y Col., 1975; Camps y Col., 1982; Donald, 1983;). Todos ellos tratan de poner de manifiesto diversos tipos de relaciones entre los contenidos, que se plasman de modo gráfico en algún modo de representación, siendo las más utilizadas las redes relacionales en sus diferentes variantes.

Reigeluth y col. (1978, 1983, 1987) señalan dos problemas en el uso de este tipo de análisis de los contenidos de la instrucción: 1º) las redes o tipos de representaciones utilizadas incluyen demasiados tipos de relaciones y son muy detalladas, lo cual complica extraordinariamente su uso, sobre todo si se quieren emplear para el diseño de la instrucción; y 2º) dichas representaciones no siempre ponen de manifiesto con claridad la naturaleza de las relaciones que establecen (ej. el significado de las líneas entre los nudos de una red).

Dichos autores proponen para el análisis del contenido, en función del diseño de la instrucción, identificar un número reducido de "relaciones permanentes de contenido" (pervasive content relations) y representar cada una de estas

relaciones en un diagrama, conformando "estructuras" distintas. Vamos a definir algunos términos utilizados por estos autores, cuyas categorías emplearemos para el análisis del Modelo Conceptual propuesto para el SN.

Los principales conceptos que vamos a emplear forman parte de la Teoría de la Elaboración, propuesta por Reigeluth & Stein (1983) para el diseño de la instrucción. De esta teoría nos interesa, para nuestro propósito, su planteamiento del contenido de la instrucción, y de él destacamos dos aspectos: tipos de contenidos y estructura de los contenidos.

La Teoría de la Elaboración propugna que todos los **tipos de contenidos** (en el ámbito cognitivo) del aprendizaje se pueden referir a los siguientes:

- **conceptos**: conjunto de objetos, sucesos o símbolos que tiene ciertas características en común;
- **procedimientos**: conjunto de acciones que se realizan para conseguir un fin;
- **principios**: explicitan relaciones de cambio; indican la relación que existe entre el cambio que se produce en una cosa (objeto o situación) y el que se da en otra cosa.
- **hechos**: son un tipo de contenidos de naturaleza diferente a los anteriores, pero que también pueden formar parte del contenido del aprendizaje. Merrill (1983) los define como piezas de información asociadas arbitrariamente.

Una **estructura de contenido**, tal y como la definen Reigeluth y Col. (1978), es un diagrama que muestra un sólo tipo de "relación permanente" entre un sólo tipo de contenidos de un área. La **estructura** no debe confundirse con la *representación* de la misma; un tipo de representación, un árbol por ejemplo, puede utilizarse para estructuras diferentes. Estos autores diferencian cuatro tipos de estructuras de contenidos:

- A. **Estructuras de aprendizaje**: es una jerarquía de aprendizaje que muestra las *relaciones de pre-requisitos* entre los componentes del contenido.
- B. **Estructuras de procedimientos**: son jerarquías de procedimientos y pueden ser de dos tipos:
 - **estructuras de orden**, muestran *relaciones de orden* entre los pasos de un procedimiento, y

- estructuras de decisión, muestran *relaciones de decisión* entre pasos alternativos de un procedimiento.
- C. Estructuras taxonómicas: muestran *relaciones de superordinación/ coordinación/subordinación* entre conceptos de una materia. Estas estructuras son, siempre según los autores, de las más comunes en una materia. Pueden ser:
 - taxonomías de clases, en las que cualquier concepto representado es una variedad de su concepto superordinado, y
 - taxonomías de partes, en las que los conceptos subordinados son componentes del concepto del cual son subordinados.
- D. Estructuras teóricas, o modelos: muestran cadenas de *relaciones causales* entre principios.

La referencia para determinar MC escolar del SN propuesto en nuestro estudio, son los libros de texto, ya que las profesoras los utilizaron como material básico de información. Vamos a utilizar las categorías señaladas para analizar los tipos de contenidos y estructuras que aparecen en los manuales de los alumnos; es decir, a poner de manifiesto el MC del SN que se propone.

14.3.1- Tipos y estructuras del contenido en los manuales de los alumnos

Tanto en el libro de texto utilizado en el centro A como en el del centro B, hay una lección específicamente dedicada al SN. Además, en el libro A aparecen referencias al SN en otras dos lecciones, que también forman parte del contenido del Plan de Trabajo de los alumnos: en el capítulo dedicado al Aparato Locomotor, para explicar el funcionamiento del músculo; y en el de Los Sentidos, para poner de manifiesto el funcionamiento general de los mismos.

Centrándonos en la lección dedicada al SN, tanto en el manual A como en el B, aparece claramente que el contenido organizador son conceptos, con algunos principios como soporte. El contenido conceptual que estructura el tema se refiere a la anatomía del SN, esto es, a la descripción de sus componentes tanto a nivel macro (SN Central: encéfalo, médula y nervios; y SN Autónomo: simpático y

parasimpático) como microscópico (neurona y sus partes). Los principios se refieren a la explicación del funcionamiento del SN a nivel de acto reflejo, y a las funciones que los diversos componentes del SN realizan en el cuerpo humano.

Los contenidos del manual A que se refieren a la implicación del SN en el movimiento y los sentidos son también principios.

Las relaciones establecidas entre los conceptos del tema son del tipo subordinación/coordinación/superordinación, y forman una estructura de tipo taxonomía de partes que se puede representar en forma de árbol como indica la Figura 14.1.

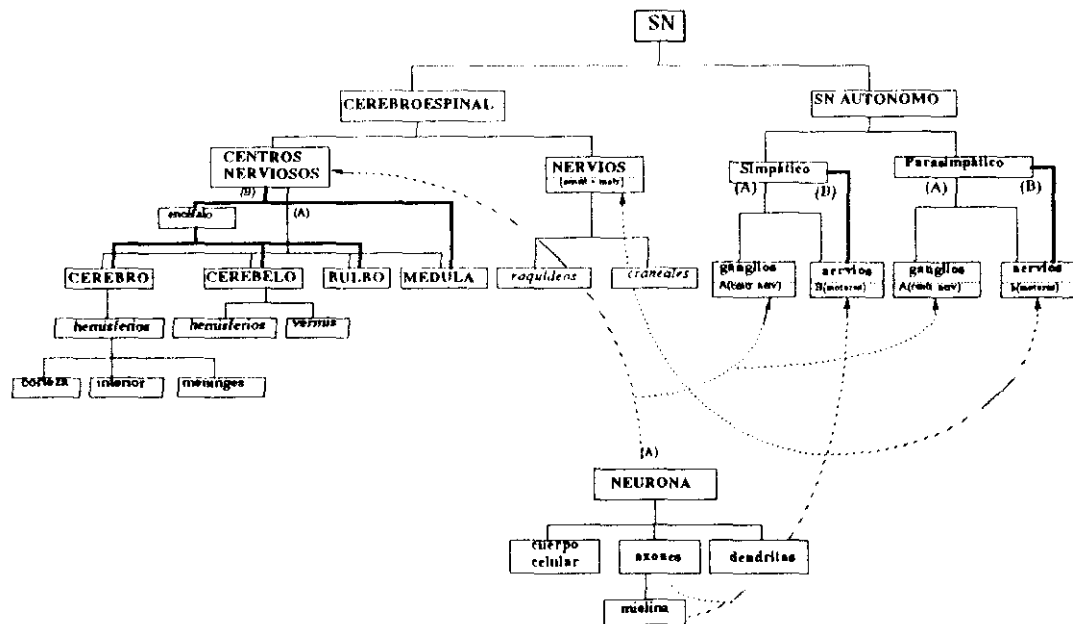
Entre los principios se explicitan relaciones causa-efecto tanto prescriptivas (por ejemplo cuando se explica el acto reflejo, el movimiento del músculo, o el esquema funcional de los sentidos) como descriptivas (funciones de los diferentes componentes del SN) formando por tanto estructuras teóricas que pueden representarse de modos diversos, como por ejemplo en las Figuras 14.2-3, 14.4 y Tabla 14.1. (*)

Las estructuras representadas constituyen el MC de SN que se les propone a los alumnos para su aprendizaje. Las estructuras taxonómicas son semejantes en ambos textos, por ello sólo se representa una. Las estructuras teóricas tienen diferencias y se representan las de cada manual por separado.

La correspondencia de este MC con el que presentaban los libros de texto de los alumnos fué comprobada sometiéndolo al juicio de tres profesores de ciencias, y estableciendo las modificaciones oportunas hasta que todos estuvieron de acuerdo en dicha correspondencia.

(*) Las relaciones entre los tipos de contenido que se representan son las que aparecen en los textos de los alumnos. No se valora aquí su pertinencia desde el punto de vista de la materia, ni su claridad en función del aprendizaje.

Figura 14.1- Representación de la estructura taxonómica de los contenidos conceptuales (MD)



(A) y (B) indican relaciones o atributos de conceptos que establece tan sólo el Modelo Didáctico del texto indicado.
 Los conceptos en cursiva no guardan relación taxonómica de "partes", sino de "clases".
 Las líneas curvas indican relaciones que se establecen entre conceptos de estructuras taxonómicas de distinto nivel biológico (macro y microscópico).

Figura. 14.2- Representación de una estructura teórica de principios (el acto reflejo). Texto B

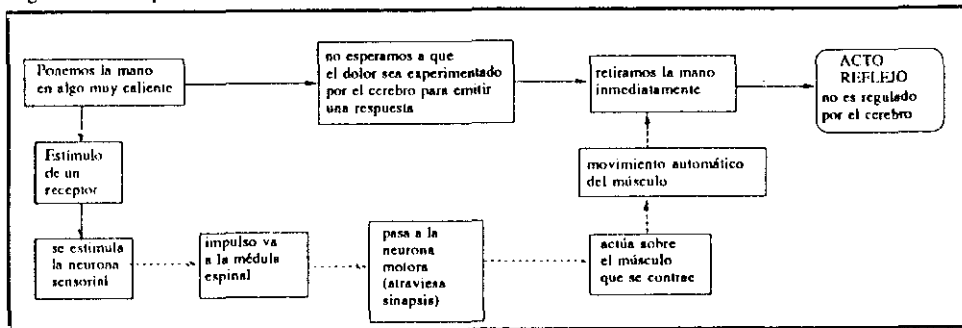


Figura 14.3- Representación de la estructura teórica de principios (actos reflejos y voluntarios). Texto A

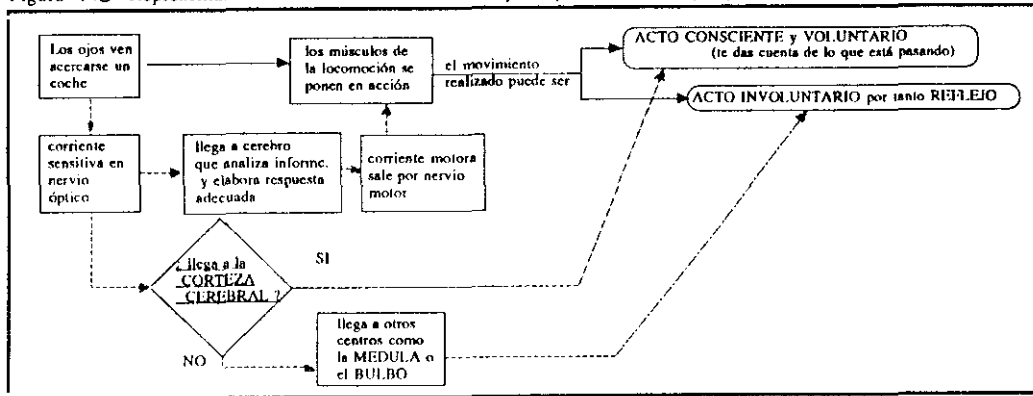
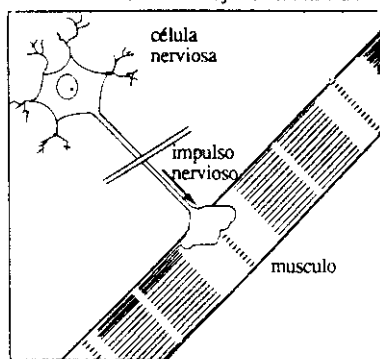
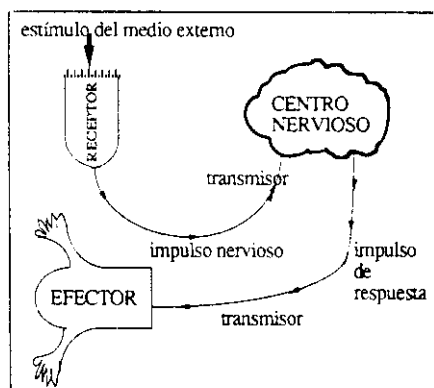


Figura 14.4- Estructuras teóricas representadas mediante dibujos en el manual A



El funcionamiento de un músculo



Funcionamiento general de los sentidos

Tabla 14.1- Otras estructuras de principios de los textos

PARTES SN		FUNCIONES DE LOS CENTROS NERVIOSOS Y DE LOS NERVIOS	
	TEXTO A	TEXTO B	
CEREBRO	<ul style="list-style-type: none"> • CONTROLA y COORDINA todos los demás centros nerviosos del cuerpo • Centro de toda: la ACTIVIDAD INTELECTUAL. <p>la MEMORIA --> la corteza controla: la SENSIBILIDAD CONSCIENTE: los MOVIMIENTOS VOLUNTARIOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Regula facultades intelectuales y conscientes. • Codifica e interpreta toda la información del exterior e interior del organismo. • Envía órdenes a todo el cuerpo. -> LOBULO FRONTAL: control consciente de los movimientos voluntarios y el pensamiento. -> LOB. PARIETAL: se ocupa de las sensaciones táctiles y de la posición del cuerpo. -> LOB. OCCIPITAL: recoge las sensaciones e imágenes de los ojos. -> LOB. TEMPORAL: recoge sensaciones del oído, gusto y olfato Facultad de la memoria. 	
CEREBELO	<ul style="list-style-type: none"> • Coordina los movimientos reflejos que mantienen: la POSTURA y el EQUILIBRIO 	<ul style="list-style-type: none"> • Coordina los impulsos que salen del cerebro. • Regula la intensidad de las contracciones musculares. • Rige los movimientos musculares voluntarios. • Responsable del mantenimiento del equilibrio 	
BULBO	<ul style="list-style-type: none"> • Actúa como nervio por su FUNCION CONDUCTORA y es centro de ACTOS REFLEJOS 	<ul style="list-style-type: none"> • Regula de forma refleja: los movimientos respiratorios y cardiacos, la constricción y dilatación de vasos sanguíneos, la deglución y el vómito. 	
MEDULA	<ul style="list-style-type: none"> • (la unen con el bulbo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Conduce los impulsos nerviosos que salen y entran al encéfalo. • Es centro productor de actos reflejos. 	
NERVIOS	<ul style="list-style-type: none"> • Transmiten el impulso nervioso en forma de corriente: sensitiva o motora 	<ul style="list-style-type: none"> • Del SISTEMA NERVIOSO AUTONOMO: controla todas las actividades en las que el cerebro no tiene dominio voluntario: corazón, hígado, estómago, riñones,.... --SIMPATICO: acelera las actividades --> PARASIMPATICO: frena la actividad 	

14.3.2- Otros elementos textuales que configuran el MC

Los contenidos y relaciones del MC descrito están plasmados en los manuales de los alumnos de unos modos determinados, que pueden facilitar o dificultar su comprensión. Vamos a poner de manifiesto dos aspectos que, a nuestro juicio, influyen en la comprensión de los alumnos: la falta de claridad en las relaciones entre conceptos que aparece en algunas de las explicaciones de los manuales y la dificultad de interpretación de las figuras que acompañan al texto.

A.- Ambigüedad de algunas de las relaciones establecidas entre los contenidos

La mayor parte de las relaciones que hemos esquematizado en las figuras anteriores viene expresadas en los libros en la parte que corresponde al texto explicativo. Las proposiciones que expresan dichas relaciones son, en algunos casos, poco claras. Veamos algunos ejemplos.

En los contenidos de la Figura 1, la relación de la neurona con los componentes del SN está expresada en el libro A de modo ambiguo. Comienza definiendo la neurona como "la célula típica del SN. Es una célula muy modificada", y pasa a describir sus partes. Un poco más adelante señala que:

"Las células nerviosas al asociarse forman los centros nerviosos del SN Central: cerebro, cerebelo, bulbo raquídeo y la médula. En el SN Autónomo las neuronas se asocian formando ganglios.
Los nervios están constituidos por los axones protegidos por la mielina y reunidos en haces. Hay nervios sensitivos y motores."

En unos casos se refiere a la neurona, célula completa, y otras sólo a los axones, una parte de esta célula; ¿dónde está el resto de la neurona cuyos axones forman los nervios?, ¿qué relación hay entre los centros nerviosos y los nervios?

Para referirse a los nervios emplea tres denominaciones diferentes a lo largo de la unidad: haces nerviosos, fibras nerviosas y cordones nerviosos. Por otro lado, no señala cuál es la diferencia entre nervios sensitivos y motores; y al explicar el funcionamiento del SN lo hace en términos de "corriente nerviosa sensitiva y corriente motora" cuya diferencia tampoco explicita.

Este mismo libro, al explicar los actos reflejos y voluntarios, que hemos esquematizado en la estructura de la Figura 14.2, lo expresa del modo siguiente:

"[al ver un coche que se acerca] En las células de la retina se origina un impulso nervioso en forma de corriente nerviosa (corriente sensitiva) que llega al cerebro por el nervio óptico.

El cerebro analiza la información recibida que le sirve, junto con los datos almacenados en la memoria para elaborar una respuesta conveniente. La corriente motora sale del cerebro por el nervio motor y llega al efector, que en este caso son los músculos de la locomoción, que se ponen inmediatamente en acción.

*"Si la corriente nerviosa sensitiva llega a la corteza cerebral, el niño puede darse cuenta de lo que está pasando y su acto es *consciente* y voluntario. Pero si la corriente nerviosa llega a otros centros, como la médula o el bulbo raquídeo, la respuesta es un acto involuntario y por lo tanto *reflejo*"*

En el segundo párrafo se dice explícitamente que la corriente llega al cerebro; en el tercero, la oración condicional que lo inicia no se refiere al cerebro, sino a la corteza cerebral. ¿El "cerebro" del párrafo anterior era sinónimo de corteza cerebral?. Por otro lado el juego de letra cursiva utilizado en el tercer párrafo induce a contraponer *consciente* y *reflejo*, generalización que no es cierta. El problema fundamental de estos párrafos es no diferenciar con claridad entre el centro que elabora la respuesta motora y otras zonas a las que puede llegar la corriente sensitiva.

B.- Dificultades en las figuras que acompañan el texto explicativo

Las funciones que cumplen las ilustraciones en relación al aprendizaje escolar se pueden resumir, según Vezing (1986), en las siguientes:

- *Función motivadora*, que hace de la imagen un sustituto del texto, sobre todo para los "malos lectores", que captan así la información que les resulta más difícil tratar por la lectura.
- *Función explicativa*, que comprende: un elemento "descriptivo" (la imagen presenta un objeto) y otro "expresivo" (puede producir un efecto más sensible).
- *Función de ayuda a la memorización*, por su poder estructurante en cuanto que se trata de "esquemas" generales que pueden hacer de elementos de enganche, constituyendo así "estructuras de acogida" para relacionar ideas clave y conocimientos posteriores.

La utilización de las imágenes plantea, sin embargo, a los alumnos ciertas dificultades que provienen de los aspectos siguientes (Drovin, 1987):

>> Nivel de abstracción de las figuras utilizadas. Se puede considerar un continuo de dificultad creciente según que las imágenes utilizadas sean:

- * FOTOGRAFÍAS. Aún presentando los objetos tal como son, constituyen ya un nivel de interpretación al utilizarlas como representación del "tipo" de un concepto (por ejemplo la fotografía de una golondrina para ilustrar las aves). Tienen además una escala de tamaño y una perspectiva determinada ; este aspecto es importante, sobre todo cuando lo representado no es directamente accesible al ojo humano (por ejemplo fotografías de tejidos o células).
- * DIBUJOS. Son representaciones simplificadas, tomando lo esencial de una representación conceptual.
- * ESQUEMAS. Son un paso mayor hacia la abstracción. Suelen corresponder a una estructura general en la que los elementos esenciales son visibles de un golpe de vista, sin que se reproduzcan exactamente tal como se les vé en la realidad; se utilizan, por ejemplo: cambios de escalas, efectos de lupa, cortes, descomposiciones espaciales, formas inventadas, flechas para indicar procesos, etc. El esquema presenta la realidad, no como se vé, sino como se sabe que es.
- * DIAGRAMAS, TABLAS, etc. son ilustraciones aún más abstractas, pero que no nos interesan en el contexto de los materiales que estamos analizando.

>> Complementariedad imagen-texto. Este aspecto no es siempre percibido por el lector, bien porque no se hace referencia explícita en el texto al dibujo, o porque los elementos menos pertinentes del dibujo distraen la atención de los más pertinentes.

>> Ambigüedades del proceso de esquematización. La comprensión de algunos esquemas supone la capacidad del lector para darse cuenta de las convenciones y símbolos utilizados en la esquematización: por ejemplo: la mezcla de dibujo realista y diagramas, las relaciones de proximidad-lejanía, símbolos que indican secuencias, o procesos diferentes, o retroalimentación, dirección de un proceso, o interrupciones, etc.

Junto a todo lo anterior hay que tener en cuenta que el lector re-construye el dibujo en función de lo que quiere o espera ver en él.

La mayor parte de las ilustraciones que aparecen en el tema del SN en los dos manuales escolares a los que nos venimos refiriendo son dibujos y esquemas. Algunas de ellas no son de fácil interpretación directa. Veamos algunos ejemplos.

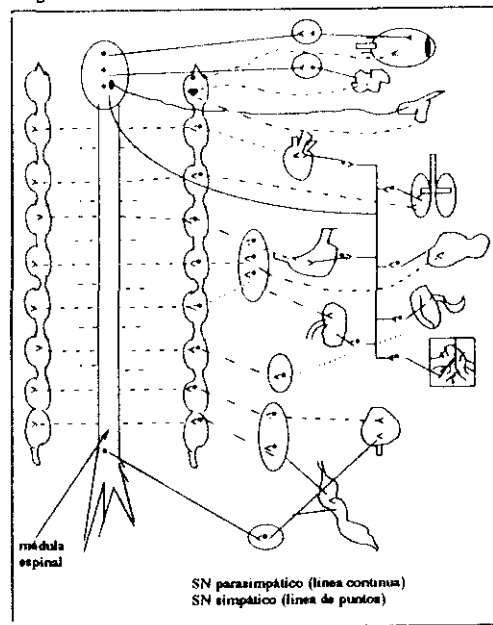
Los dibujos de corte más realista representan el encéfalo, desde perspectivas y en secciones diferentes. Sólo el manual A indica a pié de figura la perspectiva y/o tipo de corte que aparece en la figura. El manual B representa siempre cortes transversales de una vista lateral, pero no lo indica.

La neurona que se representa en ambos manuales corresponde siempre al tipo de las que tienen un axón largo. En el manual B a mitad del axón de la neurona modelo aparecen unas líneas paralelas que lo cortan (Figura 14.5(b) y 14.6(a)); esta suele ser la convención utilizada para señalar que su longitud puede ser muy variable, pero no se explica en el texto (veremos más adelante que los alumnos reproducen también en sus dibujos estas líneas). Esta misma convención aparece en el manual A en la neurona del esquema que explica el movimiento muscular, y tampoco se clarifica (Figura 14.4(a)).

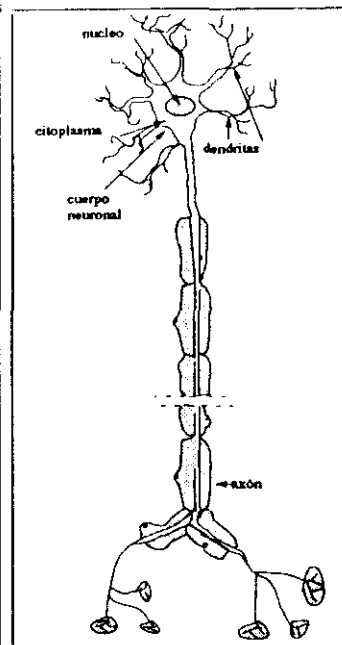
En ambos libros se utiliza un esquema muy similar (casi consagrado en todos los manuales escolares) para ilustrar el SN autónomo (Figura 14.5(a)). En el esquema no hay más indicaciones que una clave de color para diferenciar el SN simpático del SN parasimpático, y en el texto sólo se explicita que están formados por ganglios y nervios que relacionan estos entre sí y con las "vísceras" (nombre utilizado para designar diversos órganos internos, como el corazón, los pulmones, el hígado, el ojo, etc., pero que no pertenece al vocabulario básico de los alumnos). Este esquema nos parece de muy difícil comprensión por los alumnos, sobre todo si no se les explican las convenciones utilizadas.

Otros esquemas que explican de modo gráfico diferentes tipos de actos o respuestas nerviosas, son aún más complejos. En las Figuras 14.4 (a) y (b), que hemos presentado para ilustrar cómo el manual A representa estructuras teóricas de principios puede apreciarse la complejidad de estos esquemas, haciendo notar que el texto explicativo no hace referencia explícita a ellos.

Figura 14.5- Ilustraciones de los manuales de los alumnos



(a) - El SN Autónomo (manual A)



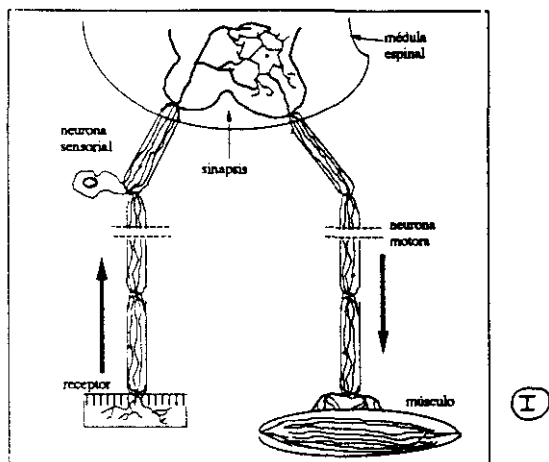
(b) - La neurona (manual B)

En la Figura 14.6 se reproducen los esquemas que ilustran los actos reflejos y voluntarios en ambos manuales. La disposición de las neuronas en el esquema del manual B sobre el acto reflejo es muy poco clara, sobre todo si se tiene en cuenta que en la unidad no aparece ningún otro dibujo que muestre el corte de la médula tal y como se vé en este dibujo. Las figuras del manual A que ilustran la diferencia entre el acto reflejo y el "consciente" adolecen de la misma confusión que hemos planteado al tratar de las relaciones entre contenidos: El retirar la mano al quemarse es un acto reflejo cuyo centro está en la médula, pero la persona es consciente de que se quema, porque la corriente sensitiva llega también al cerebro.

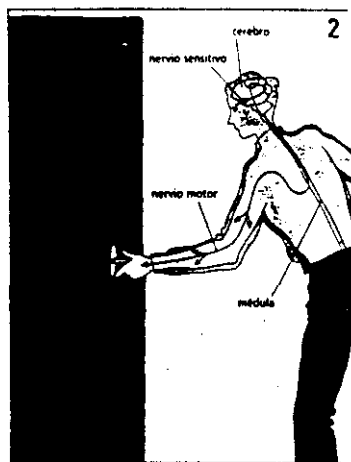
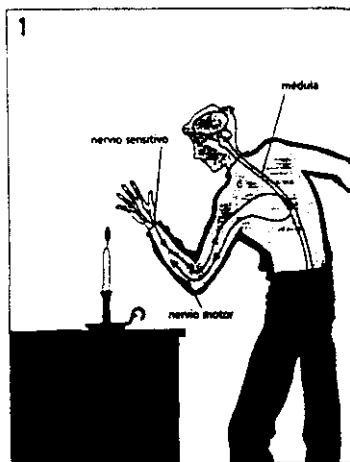
Figura 14.6- Ilustraciones de los actos reflejo y conscientes en los manuales de los alumnos

I- El acto reflejo en el manual B

II- Actos reflejo y consciente en el manual A



I



II

① Acto reflejo: la corriente sensitiva no llega al cerebro.

② Acto consciente: la corriente sensitiva llega a la corteza cerebral.

14.3.3- ¿Cómo se introdujo el tema a los alumnos?

Una vez caracterizado el MC del SN que aparece en los materiales que los alumnos van a utilizar para su trabajo, era importante conocer cómo fué introducido en el aula, ya que era la primera vez que los alumnos trabajaban el tema. En ambos centros, el tema del SN forma parte de un Plan de Trabajo sobre el cuerpo humano y la salud, de unos quince días de duración (10-11 horas de clase).

Indagamos si las profesoras tenían conciencia de que el SN era un contenido nuevo para los alumnos, y cómo influye esto en sus estrategias de instrucción. También les preguntamos si este tema les resulta más/menos atractivo que el resto de los relativos al cuerpo humano.

Centro A

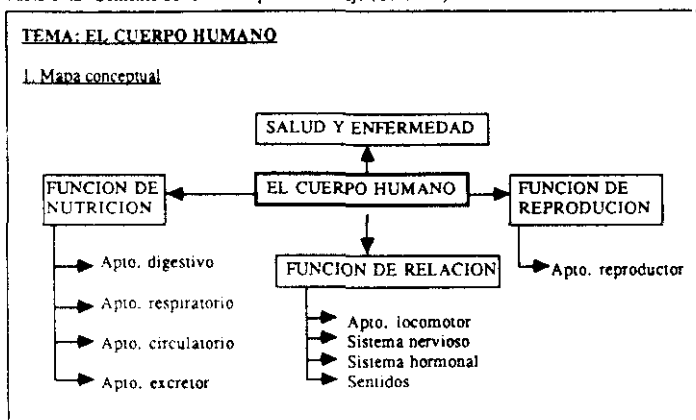
Se le presenta a la clase el Plan de Trabajo exponiéndolo de modo oral y se entrega a cada alumno una copia de la parte de las actividades que tienen que realizar para el aprendizaje de los contenidos del Plan. En expresión de la profesora:

" En el Plan están todos los sistemas del cuerpo humano, en el contexto de la salud, las enfermedades y la influencia de la sociedad en la salud. La parte de la nutrición, locomotor, sentidos y eso, lo damos un poco más deprisa, porque es lo que tienen más visto."
" Sí, sé que es la primera vez que ven el SN y también el hormonal. En el conjunto, el SN no tiene una dificultad especial, presenta más dificultad el hormonal."

La profesora es consciente de que es la primera vez que el tema del SN se les plantea a los alumnos, sin embargo, no le parece necesario hacer ninguna introducción o referencia específica al mismo al presentar el trabajo de la quincena. Afirma en la entrevista que, en el conjunto del Plan, no cree que el SN plantee una dificultad especial a los alumnos como para significarlo de alguna manera. En la presentación dice que lo que se enfatiza es el tema de enfermedad/salud y la influencia de la sociedad en este aspecto.

Por tanto el SN aparece en el contexto general del cuerpo humano según el esquema conceptual incluido en el Plan de trabajo (Tabla 14.2). No aparece ningún objetivo especial referido a este sistema.

Tabla 14.2- Contexto del SN en el plan de trabajo (Centro A)



Señala también que es un tema (el SN) que a ella le gusta especialmente, y lo justifica de esta manera:

" me gusta porque puedes llegar a la parte práctica de los actos humanos. Entonces desde ahí me parece importante el ver que los actos voluntarios están dependiendo de una; la diferencia en algunos casos con los animales; la diferencia entre ser consciente e inconsciente; ese ir adquiriendo un poco el dominio de la persona. Lo que sería también como 'higiene mental'. ¿no? "

Es un tema que se presta a un diálogo con los alumnos y ver la importancia que tiene; cómo puede repercutir, pues, el alcohol y las drogas en el SN, y cómo es ir disminuyendo la capacidad de la persona, de decisión o de lo que sea. No sé si será desde ahí por lo que me gusta este tema."

Centro B

Estos alumnos disponen individualmente del Plan de Trabajo, en este caso completo, que se les entrega al inicio del mismo.

La profesora no cree que sea la primera vez que sus alumnos se enfrentan con el tema del SN (aunque de hecho lo es), pero dice notar que lo recuerdan menos que otros aspectos del cuerpo, y le dedica una atención especial en la presentación del Plan. Dice así:

" Bueno el SN no es exactamente nuevo, en 5º ó 4º se nombra algo. Ahora se trata de recordarlo. Recuerdan muy poco. Del SN recuerdan menos que de los pulmones, el corazón y esos otros. Por esto lo vemos toda la clase junta. De todo el plan de trabajo, en su texto sólo tienen el SN, así que es donde nos paramos más. Utilizamos la técnica del subrayado : leer y subrayar lo que nos parece más importante. Se les va preguntando, ¿a ti que te parece lo más importante de esta pregunta?, en lugar de ir yo diciéndolo por delante. El resto del hombre lo han tenido que buscar en otros libros."

El contexto del SN es también en este caso, según nos dice la profesora, el estudio del cuerpo y la salud. En el Plan de este centro sí aparecen objetivos relativos al SN (Tabla 14.3).

Tabla 14.3- Contexto del SN en el plan de trabajo (Centro B)

<p><u>CONTENIDOS</u></p> <p>EL HOMBRE: UN SISTEMA NATURAL COMPLEJO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Funciones vitales del hombre - Nutrición y relación - Sistema nervioso - Sistema endocrino - Sistema circulatorio <p><u>OBJETIVOS OPERATIVOS</u> (se señalan únicamente los relativos al SN)</p> <ul style="list-style-type: none"> • • • Comprender la importancia de las neuronas como parte fundamental del Sistema Nervioso • Valorar la importancia del Sistema Nervioso en la función de relación • •

El listado de los contenidos en este plan, aunque aparentemente simple, es poco clarificador por su modo de presentación. Los cinco puntos señalados pertenecen a categorizaciones diversas: el primero es una expresión de carácter general que comprende a las cuatro restantes; el tercero y cuarto son aspectos subordinados de la segunda parte del segundo punto(relación), y el quinto punto es también un aspecto de la parte primera del segundo (nutrición).

En cuanto a su inclinación por el tema, la profesora indica que no sabe si le gusta; no tiene un interés especial para ella y une su percepción al grado de dificultad que ella detecta en los alumnos.

"No sé si me gusta el tema, pero a ellos es el que les resulta más difícil. No es asequible para los alumnos."

* * * * *

A partir de la presentación de los Planes de Trabajo correspondientes, los alumnos de ambos centros trabajan por su cuenta, pero en equipos, para realizar las actividades propuestas.

14.4- Intencionalidad instructiva

Hasta aquí se ha descrito el MC del SN propuesto en los textos que utilizaron los alumnos, su ubicación en el Plan de Trabajo, y cómo fué introducido el estudio del tema en cada centro.

En este apartado se analiza el punto de vista de las profesoras sobre cuales son los aspectos básicos, o más importantes, del tema en relación al aprendizaje, así como su percepción de las dificultades encontradas por los alumnos durante su trabajo, y su satisfacción con el Plan propuesto.

14.4.1- Contenidos principales del tema

Además de las respuestas de las profesoras sobre cuáles consideran que son los contenidos más importantes del tema del SN, analizamos también -en la medida que tenemos datos suficientes- a qué contenidos hacen referencia las actividades de aprendizaje propuestas en los Planes de Trabajo, así como las de evaluación.

Centro A

La profesora señala que de todo el contenido del tema del SN ella le suele dar importancia a tres aspectos:

- a)- las neuronas,
- b)- los tipos de actos, sin llegar al funcionamiento concreto de cada uno, y
- c)- las partes del SN.

Cinco actividades de aprendizaje, de las 22 que trae el Plan de trabajo se refieren al SN. (Tabla 14.4)

Tabla 14.4- Actividades de aprendizaje y evaluación del centro A

ACTIVD. PLAN DE TRABAJO	ACTIVD. EVAL. PLAN	ACTIV. EVAL GLOBAL
9- Explica la función que realiza el SN.		
10- Dí que es una neurona, de que partes consta y dibújala.	- Dí todo lo que sepas de la neurona.	- Dí qué es, qué hace y dónde se localiza la neurona.
11- Haz un esquema del SN y explica el funcionamiento de los órganos principales.	- Nombra las partes del SN Cerebroespinal	- Dí qué es, qué hace y dónde se localiza el cerebro
12- Explica el funcionamiento de SN.		
13- Define las diferentes clases de actos humanos	- Pon un ejemplo de acto reflejo	- Qué es acto voluntario

De las actividades de evaluación propuestas hay que distinguir dos tipos: las que corresponden a la evaluación del plan de trabajo, que se realizan al finalizar el mismo, y las de la evaluación global de todos los planes de ciencias trabajados durante unos 2 meses. En este caso, entre la evaluación del Plan y la Global sólo transcurrieron 15 días. 3 de las 8 actividades de evaluación del Plan de trabajo corresponden a contenidos del SN, así como 3 actividades de la evaluación global.

Podemos señalar algunos aspectos que parecen deducirse de estos planteamientos de la instrucción:

- En el conjunto de las actividades sobre el SN, las relativas a los contenidos que la profesora juzga como más importantes no tienen mayor representación que las de los otros contenidos, ni en número, ni en el tipo de demanda que parecen exigir de los alumnos.
- Las actividades de evaluación sí están más centradas en dichos contenidos.

Centro B

Los puntos más importantes de entre todos los que van subrayando en sus libros son, para la profesora:

- a)- los dos tipos de SN, y
- b)- la neurona.

"El resto -dice- sólo vamos a estudiarlo un poco. Como en 7º de EGB han estudiado las células, entonces hacíamos también referencia a ellas, porque estas células, las neuronas, son tal y tal, son básicas" (de la entrevista)

Las actividades propuestas en el Plan son muy generales y no susceptibles del análisis realizado en el otro centro. Sólo sabemos que tenían que hacer una síntesis y un esquema de los contenidos, después de buscar información. No obstante, la profesora hizo referencia a una actividad realizada que no venía en el plan:

"Un día fuimos al laboratorio y estuvimos viendo el cerebro y sus partes en uno que tenemos desmontable. Otros años hacían el estudio del cerebro en uno de cordero, pero este año no lo hemos hecho"

7 de los 18 puntos que constituían la evaluación del Plan de Trabajo se referían al SN. La profesora nos dice también que en la prueba de final de curso había una pregunta relativa a la neurona. La Tabla 14.5 especifica las actividades de este centro.

Tabla 14.5. Actividades de aprendizaje y evaluación del centro B

ACTIVD. PLAN DE TRABAJO	ACTIVD. EVAL. PLAN	ACTIV. EVAL FINAL
<p>> Estudio responsable de los contenidos.</p> <p>> Hacer una síntesis y esquema de los mismos, después de buscar información adecuada, evitando la copia literal.</p>	<p>11- La unidad estructural, básica y funcional del SN es</p> <p>12- Partes de una neurona.</p> <p>13- La palabra sinapsis nos recuerda</p> <p>14- Los centros nerviosos están en</p> <p>15- El cerebro regula</p> <p>16- El cerebelo está situado...</p> <p>17- Diferencia entre neurona y nervio.</p>	<p>• La unidad básica del SN es la</p>

Las actividades de evaluación del Plan están principalmente centradas en la neurona, uno de los dos aspectos señalados como importantes por la profesora, pero no hay referencias al segundo.

14.4.2- Dificultades en el aprendizaje del MC

Centro A

La profesora de este centro nos ha repetido que no ha detectado ninguna dificultad especial en el aprendizaje del tema por parte de los alumnos, y lo expresa así:

Prf.- *Como el Plan era largo, de cuando en cuando hacía un corte en su trabajo [el de los alumnos] para una puesta en común, y yo les preguntaba a ver lo que habían hecho. Como la mayoría de las cosas las tienen en el libro, más que preguntarles para ver lo que saben, les pido que me lean el cuaderno de trabajo para comprobar que lo tienen bien contestado.*(*)

Ent.- *O sea que ellos leen.....*

Prf.- *Si. Yo les digo, a ver lo que has escrito para el punto tal o cual, entonces puedo ver un poco y también notar los que tienen el tema más escueto y los que lo tienen más ampliado.*

Ent.- *¿Recuerdas que tuvieran alguna dificultad especial?*

Prf.- *No. Tienen más dificultad con el hormonal, no sé si es porque eso de 'glandulas' les suena a nuevo o qué.*

Continúa señalando que todos los alumnos saben que la neurona es la célula típica del SN, conocen sus partes y saben representarla en un dibujo.

A la pregunta de si introduciría algún cambio en el Plan de trabajo relativo al SN, responde que quizás fuera bueno separar en un plan distinto los aspectos nuevos para los alumnos (SN y hormonal), y también hacer algunas actividades más experimentales, como observar y diseccionar una sesada de cordero para ver las partes, como lo han hecho otras veces.

(*) El subrayado es nuestro

Centro B

Esta profesora afirma que el SN les resulta el más difícil entre todos los sistemas corporales. Una de las dificultades que señala es la cantidad de nombres que aparecen y que los alumnos no entienden; otra dificultad es que no comprenden el funcionamiento del SN en el cuerpo. Pero, como en el caso del otro centro, dice que todos los alumnos reconocen la neurona como unidad básica del SN. Comenta a este respecto que en la prueba final del curso había una cuestión que decía "la unidad básica del SN es la _____", y no falló ni un sólo alumno.

No le parece que sean necesarios cambios sustanciales en el Plan de Trabajo, salvo retomar la actividad de observación de una sesada. Señala que, a pesar de ser un tema difícil para los alumnos, no lo suprimiría del programa. En sus palabras:

"Yo no lo modificaría. En el libro viene lo más elemental. Tú tienes que pensar que es como el inicio y luego lo van a estudiar más en bachillerato cuando sean más mayores. No lo quitaría, en EGB lo tienen que conocer."

14.4.3- Observaciones sobre la intencionalidad didáctica y dificultades de aprendizaje de los alumnos

Aunque las profesoras señalan que el contexto en el que se sitúa el tema es el de la salud, la orientación de los Planes de Trabajo, y en especial de las actividades de aprendizaje y evaluación propuestas, no corresponden en general a dicho enfoque. La finalidad real que parece subyacer en ambos casos es una visión general del cuerpo humano.

Desde esta perspectiva, lo que se les plantea realmente a los alumnos en los Planes de Trabajo es:

- una revisión, posiblemente a un nivel mayor de complejidad del que conocen, de sistemas, aparatos y funciones del cuerpo humano;
- el aprendizaje de dos nuevos sistemas: el SN y el hormonal; y
- el conocimiento de algunos aspectos básicos de higiene relativos a cada sistema.

Esta situación, que las profesoras concientizan en mayor o menor grado, no se les hace explícita a los alumnos.

El que el SN esté incluido en un amplio Plan sobre el cuerpo humano parece actuar como factor de relativización de su novedad; es un aspecto más en el total de la unidad didáctica en la que aparece junto al resto de los sistemas corporales.

Por otro lado, la visión del cuerpo humano propuesta aparece como una suma de aspectos independientes. Cada sistema se trata como un conjunto de contenidos cerrado en sí mismo, sin que aparezcan, al menos en los Planes de trabajo o en los intereses de las profesoras, actividades que faciliten poner de manifiesto las interrelaciones entre ellos.

Los dos sistemas nuevos que aparecen en los Planes son precisamente los que permiten un acercamiento al planteamiento de la coordinación y control del organismo humano, pero ¿lo entienden así las profesoras?

Los contenidos del SN que las profesoras dicen querer destacar son: la neurona, las partes del SN y los actos. Son ciertamente aspectos importantes de este sistema, pero, tal y como hemos visto que lo expresan, parecen estar refiriéndose más a puntos concretos de los libros de texto que a ideas que pueden vertebrar de algún modo la comprensión del sistema por los alumnos.

Como ha podido quedar de manifiesto, incluso la profesora que atribuye un mayor grado de dificultad al tema, cree que los planes de trabajo propuestos logran sus objetivos. Su percepción del SN parece ser la de un sistema más del cuerpo humano del que los alumnos aprenden lo esencial sin dificultades especiales, por lo que no ven la necesidad de modificar sus enfoques didácticos.

La percepción de que no hay dificultades especiales en el aprendizaje del SN, ¿se corresponde con la realidad?. No vamos a referirnos en este momento a los resultados de las entrevistas descritos en el capítulo anterior, sino a los mismos elementos que las profesoras utilizaron en sus planes: los cuadernos de trabajo de los alumnos y las respuestas a las actividades de evaluación.

En el centro A tuvimos oportunidad de obtener copias de las actividades de los cuadernos de trabajo y de las evaluaciones de algunos alumnos; del centro B sólo pudimos conseguir la evaluación del Plan de un par de alumnos. No

pretendemos hacer un análisis de estos materiales, sino destacar algunas impresiones de los mismos, que ilustraremos con ejemplos.

En los cuadernos de trabajo los alumnos y alumnas (centro A) responden a las actividades del plan en riguroso orden, y lo que más llama la atención es que la mayor parte de las respuestas son copia literal del libro, sin ninguna elaboración personal: las diferencias entre unos y otros estriban en la longitud de lo que copian. En la actividad referida a la neurona (nº10), por ejemplo, la primera línea de dicho apartado del manual no falta en ningún cuaderno y dice así:

"Es la célula típica del SN. Es una célula muy modificada"

Una se pregunta que entenderán por "célula modificada".

Las actividades nº 12 y 13 del Plan de Trabajo vienen en su manual en una misma pregunta referida al funcionamiento del SN. Los alumnos suelen copiar toda la pregunta para responder a la actividad nº12 (explica el funcionamiento del SN) y entresacan las definiciones de dos tipos de actos en la nº13 (define las diferentes clases de actos humanos).

En las contestaciones a la actividad nº13 ya se percibe la dificultad de comprensión para tipificar actos, que proviene, en parte, de la ambigüedad del texto y de las ilustraciones a las que nos hemos referido en el apartado 3.2 (A y B). Mientras que muy pocos niños tipifican los actos en:

"involuntarios = la corriente sensitiva no llega al cerebro", y

"voluntarios = la corriente sensitiva llega a la corteza cerebral";

la mayor parte lo hace en:

"reflejo = la corriente sensitiva no llega al cerebro" y

"consciente = la corriente sensitiva llega a la corteza cerebral";

y otros pocos que elaboran por su cuenta las definiciones lo hacen así:

"voluntario = el que interviene la voluntad"

"reflejo = el que ocurre de repente".

En las evaluaciones aparecen con mayor claridad las ideas que los alumnos han ido construyendo sobre algunos aspectos del SN. En los cuadros de las páginas siguientes se recogen las contestaciones de 7 alumnos del centro A a los ejercicios de evaluación, separados entre sí 15 días (Tabla 14.6). Ninguno de los alumnos y alumnas que aparecen en estos cuadros suspendieron estas evaluaciones.

La Tabla 14.7 reproduce las evaluaciones de dos alumnas del centro B, las únicas que la profesora nos dió; son alumnas de sobresaliente en ciencias.

Tabla 14.6- Las evaluaciones de los alumnos del centro A sobre el tema del SN

Almn.	EVALUACION PLAN DE TRABAJO	EVALUACION GLOBAL
A1	<p>1. Es la célula típica del organismo. Es una célula muy modificada.</p> <p>2.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">SNC</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">Centros nerviosos</div> <div style="margin-bottom: 10px;">Nervios</div> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">(encéfalo médula bulbo)</div> <div style="margin-bottom: 10px;">(craneales (12 pares) raquídeos (31 pares))</div> </div> </div> <p>3. Cuando pasamos la mano por encima de una vela, rápidamente la quitamos, pero la corriente sensitiva va al cerebro, pues la has movido solo con sentir la llama.</p> </div>	<p>1. Es la célula más importante del SN. Hace que se modifiquen las células.</p> <p>2. Es una función del SN y éste analiza todas las informaciones. Se encuentra en la cabeza.</p> <p>3. Es un acto consciente. Es cuando la corriente sensitiva llega a la corteza. Es cuando lo que vas a hacer llega a la corteza cerebral.</p>
A2	<p>1. Es una célula que tenemos dentro del cuerpo que nos ayuda para poder vivir. La célula se pasa por todo el cuerpo</p> <p>2.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">SN</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">SN cerebro</div> <div style="margin-bottom: 10px;">SN astropedia</div> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">(cerebro endosfera ganglios)</div> <div style="margin-bottom: 10px;">(cerebelo bulbo)</div> </div> </div> <p>3. Cuando un niño tuerce mucho la vista y le tienen que poner gafas.</p> </div>	<p>1. Es una célula muy importante que vá por todo el cuerpo</p> <p>2. Es la parte más importante del ser humano. Hace que nos movamos, él piensa todo lo que decimos.</p> <p>3. (NO CONTESTA)</p>
A3	<p>1. Es una sustancia química que está dentro del cerebro</p> <p>2.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">cerebroespinal</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">cerebro</div> <div style="margin-bottom: 10px;">médula esp.</div> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">(bulbo cerebelo)</div> </div> </div> <p>3. Un portero en un penalti vé que el balón vá a la izquierda y se tira a ese lado sin pensarlo.</p> </div>	<p>1. Es una sustancia química, la más importante. Se encuentra en el cerebro.</p> <p>2. Es un sentido nervioso que analiza y coordina todos los demás centros. Está en la cabeza.</p> <p>3. Si la corriente sensitiva llega al cerebro es un acto voluntario y el cerebro coordina la acción conscientemente.</p>
A4	<p>1. Es la célula principal del SN.</p> <p>2.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">SN cerebro espinal</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">(encéfalo médulas espinales)</div> </div> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="margin-bottom: 10px;">(cerebro cerebelo bulbo raq.)</div> </div> </div> <p>3. Es cuando, por ejemplo estás en una calle, viene un coche, la imagen se queda grabada en la retina y pasa una neuroma al cerebro, éste pasa un impulso nervioso a las piernas para que se pongan en funcionamiento.</p> </div>	<p>1. Es la célula típica del SN. Manda el impulso nervioso al cerebro. Está en la cabeza.</p> <p>2. Es el centro de control de toda la actividad intelectual y de la memoria. Está en la cabeza.</p> <p>3. Cuando se hace voluntariamente se realiza en el SN.</p>

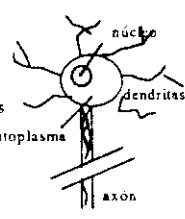
Tabla 14.6 (continuación)

A5	<p>1. Es la célula típica del SN. Es muy compleja. Presenta en su zona central la mayor parte del citoplasma. El núcleo, que es a lo que llamamos "cuerpo celular". Tiene unos extendedores típicos: axones finos y con ramificaciones laterales y dentrita que son más largos y con base ancha. Hay otras células que le ayudan a cumplir bien su misión, se llaman "mielinas"</p> <p>2.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Cerebro espinal</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Centros nerviosos</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> <p>encéfalo</p> <p>raquídeos craneales</p> </div> </div> </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>cerebro</p> <p>cerebelo</p> <p>bulbo</p> </div> </div> <p>3. Cuando alguien te tira una piedra tú te retiras inmediatamente sin saber lo que estás pensando porque la corriente nerviosa sensitiva llega a la médula o bulbo, pero no a la corteza cerebral.</p>	<p>1. Es una célula nerviosa muy compleja. Se pone en funcionamiento cuando se alteran los nervios.</p> <p>2. En él se encuentran todos los centros de coordinación y control del cuerpo. Corteza cerebral: se encuentra el centro de la sensibilidad consciente y actos voluntarios. Centro de control: se encuentra la capacidad intelectual y de memoria.</p> <p>3. La corriente nerviosa sensitiva llega a la corteza cerebral y la persona se da cuenta y está pensando lo que va a hacer.</p>
A6	<p>1. Es la célula típica del SN. Es la que manda si hay algún daño en el organismo la noticia, por así decirlo.</p> <p>2.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">SNCE</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> <p>cerebro: coordina todas las acciones</p> <p>cerebelo: coordina la respiración</p> <p>bulbo raquídeo: coordina el equilibrio y el tono muscular.</p> </div> </div> </div> <p>3. Es cuando algo se hace inconscientemente. Cuando vas por un jardín y te pinchas con la espina de un rosal, tú enseguida quitas la mano. Es un acto reflejo porque quitas la mano sin pensar. La neurona manda el mensaje al cerebro.</p>	<p>1. Es la célula principal del SN que se encarga de llevar el impulso nervioso por todo el cuerpo hasta el cerebro.</p> <p>2. Es el órgano que se encarga de dar órdenes a todo el organismo y a otras funciones como la inteligencia. Se encuentra en la cabeza. Se divide en dos partes donde se encuentran dos líquidos uno gris y otro blanco.</p> <p>3. Acto voluntario es cuando se hace algo conscientemente.</p>
A7	<p>1. Es la célula típica del SN. Es muy modificada.</p> <p>2.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">SN cerebro espinal</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">Sistemas Nerviosos</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> <p>N. craneales-12 pares</p> <p>N. raquídeos-31 par</p> </div> </div> </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>cerebro</p> <p>cerebelo</p> <p>bulbo raq</p> </div> </div> <p>3. Cuando te pinchas, la información pasa a los nervios que la llevan a la médula que reacciona devolviendo la información entonces quitamos la mano.</p>	<p>1. Es una célula. La fundamental del SN. Se encuentra en el SN</p> <p>2. Es uno de los 5 Nerviosos del SN cerebroespinal. Manda la información recibida de la médula al nervio sensitivo. Se encuentra en la cabeza.</p> <p>3. Se realiza cuando la información llega a la corteza cerebral (o sea al nervio sensitivo)</p>

Tabla 14.6 (continuación)

A8	<p>1. Es una célula típica del SN y muy especial.</p> <p>2.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">SN cerebro espinal</div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 10px;">{</div> <div> <p>centros nerviosos</p> <p>nervios</p> </div> </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>{</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <p>encéfalo</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <p>cerebro</p> <p>cerebelo</p> <p>bulbo</p> <p>médula espinal</p> </div> <p>}</p> </div> <div style="margin-left: 10px;"> <p>{</p> <p>raquídeos</p> <p>}</p> </div> </div> <p>3. Un niño va corriendo por una carretera muy estrecha y viene un coche a mucha velocidad, el niño enseguida se retira, su órgano ha actuado como órgano receptor.</p> </div>	<p>1. Es una célula típica del SN y es una célula muy especial.</p> <p>2. Cerebro (NO CONTESTA)</p> <p>3. Acto voluntario: se localiza en el cerebro.</p>
----	--	---

Tabla 14.7: Respuestas a la evaluación en el centro B

	EVALUACION PLAN DE TRABAJO	
B1	<p>12. Las partes de una neurona son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - el cuerpo neuronal, dónde se encuentra el núcleo y el citoplasma; - las dendritas, que es una prolongación de las neuronas; - el axón o cilindroeje es la prolongación mayor de las neuronas <p>13. La unión de dos neuronas para transmitir una información</p> <p>14. En el cerebelo y en la médula</p> <p>15. Las informaciones que le transmiten las neuronas, o sea regula las acciones voluntarias</p> <p>16. Debajo del cerebro y directamente unido con la médula espinal.</p> <p>17. La neurona es la parte principal del SN que es el conjunto formado por todos los nervios y tiene como función transmitir informaciones; en cambio el nervio tiene otra función totalmente distinta.</p>	 <p>El diagrama muestra una neurona con un núcleo central rodeado por citoplasma. Se extienden hacia arriba y a los lados varias dendritas. Desde la base de la neurona, se extiende un axón que se divide en dos ramas paralelas.</p>
B2	<p>12. - Cuerpo neuronal: es donde se encuentra el núcleo y el citoplasma de la célula;</p> <p>- Dendritas, son alargaciones arboríferas que transmiten estímulos de la célula;</p> <p>- Axón o cilindroeje es un alargamiento, el más largo, que sirve para transmitir los estímulos de la célula.</p> <p>13. Que cuando las neuronas se unen para transmitir estímulos se llama sinapsis.</p> <p>14. El encéfalo y en la médula espinal</p> <p>15. Los conocimientos intelectuales.</p> <p>16. Debajo del cerebro y encima del bulbo raquídeo</p> <p>17. Neurona es la base estructural del SN y nervio es un paquete de axones que transmiten corrientes nerviosas.</p>	

La lectura de la Tabla 14.7 (centro A) nos permite ver, por ejemplo, respecto a la neurona: lo de "*célula muy modificada*"; y su función de realizar "*la transmisión nerviosa*" que copiaban en sus cuadernos, ha adquirido al cabo de 15 días *interpretaciones muy particulares. Su localización y relación con los componentes del SN queda muy poco clara en las expresiones recogidas. Para alguno, incluso ha perdido su estatus celular.*

Los actos reflejos que ejemplifican no dicen nada que nos indique su comprensión de lo que significan en relación al comportamiento nervioso, además de que muchos de los citados pueden no ser reflejos. La definición de acto voluntario adolece, en la mayoría, de la misma ambigüedad que ya señalamos en el texto.

Con independencia del nivel de pertinencia de las cuestiones que se les plantean en las evaluaciones (algunas de las cuales, como "pon un ejemplo de acto reflejo", o "la unidad estructural, básica y funcional del SN es.....?", no ayudan a conocer la comprensión que los alumnos tienen sobre el punto en cuestión), llaman la atención las correcciones que las profesoras realizan en las respuestas de los alumnos. Por ejemplo:

- La profesora A completa con lápiz rojo los elementos del SN cerebroespinal que el alumno o alumna no señala en la actividad 2 de la evaluación del Plan, o tacha las respuestas que son, a todas luces erróneas, como las del A3 sobre la neurona en ambas evaluaciones. Sin embargo, no aparece señal alguna en respuestas muy ambiguas, incluso erróneas, pero que contienen alguna palabra clave relativa a la cuestión planteada; es el caso de las respuestas a la actividad 1 de la evaluación global de los alumnos A2, A5, A6, o de la 3 de los alumnos A4, A7, A8.
- Lo mismo se puede decir de la profesora B en las repuestas 17 de B1 y 15 de B2.

Este rápido repaso de las diferentes producciones de los alumnos en relación al SN nos hace pensar que tienen más dificultades de comprensión de las que las profesoras perciben. *Han adquirido un cierto vocabulario, pero el significado que le atribuyen a las palabras no parece coincidir siempre con el propuesto por el MC: ni siquiera las relaciones entre partes del SN parecen demasiado claras para la mayoría de los alumnos.*

Lo que nos parece importante destacar de las ideas expresadas por los alumnos es que no son "totalmente erróneas" en relación a las propuestas del MC, sino más bien ambiguas, parciales, y susceptibles de ser interpretadas de modos diferentes por un lector objetivo.

La dificultad para sacar conclusiones sobre la comprensión del SN por los alumnos a partir de sus producciones escolares está relacionada con el tipo de demanda que las actividades de aprendizaje propuestas (Plan de Trabajo y evaluaciones) solicitan. Tocaremos brevemente este punto a continuación.

14.4.4- La demanda cognitiva de las actividades de aprendizaje propuestas

En las actividades planteadas a los alumnos, el único requerimiento solicitado es "recordar", en el sentido de reproducir o evocar una información previamente almacenada en la memoria. Según Merrill (1973), este tipo de actividad no requiere "transferencia cognitiva", esto es, la utilización de los conocimientos adquiridos en situaciones diferentes de las planteadas en clase.

Por otro lado, es precisamente esta capacidad de aplicar conocimientos adquiridos, denominada "funcionalidad de los conocimientos" por otros autores (Coll, 1987, 1988; MEC, 1989), la que pone de manifiesto su significatividad, su integración en la estructura cognitiva del alumno. Volviendo a Merrill, aunque solicitar actividades de "recuerdo" es un tipo de demanda cognitiva deseable en la instrucción, cuando se convierte en la única no proporciona información alguna sobre la capacidad de transferencia cognitiva de los alumnos.

Dicho en términos ausubelianos, lo que ponen de manifiesto estas actividades es la adquisición de un aprendizaje memorístico o repetitivo, que no explicita las relaciones establecidas por los alumnos entre los nuevos conocimientos con otros que ya poseen.

Lo que ha ocurrido en el proceso de aprendizaje del MC propuesto puede también considerarse desde otra perspectiva complementaria: la discrepancia entre las intenciones que las profesoras y los alumnos atribuyen a las actividades del Plan de Trabajo. Wittrock (1974) cree que los alumnos construyen inevitablemente sus propias intenciones, relativas entre otras, a las actividades que tienen que

realizar, y actúan consecuentemente. El que sus intenciones coincidan o no con las del profesor depende de muchos factores que no vamos a exponer (su percepción de las expectativas del profesor, entre ellas).

En el centro A aparece este aspecto con claridad. Si se relea el diálogo transcrito en el apartado sobre Dificultades en el aprendizaje del MC vemos que la profesora solicita de los alumnos que lean las actividades realizadas en los cuadernos de trabajo "para comprobar que lo tienen bien contestado", ya que "la mayoría de las cosas las tienen en el libro". Cabe suponer que la intención de esta profesora no es que realicen un buen trabajo de copia del manual de ciencias; su idea parece ser que la corrección en lo que contestan los alumnos equivale a una buena comprensión de los contenidos.

Por su parte, los alumnos parecen haber elaborado su propia finalidad para el plan de trabajo: se trata de copiar correctamente las explicaciones que vienen en el libro de texto en relación a cada actividad. La solución para cada actividad está en el libro, se trata de encontrarla y copiarla; esto es lo que la profesora espera que se haga.

Desde esta posición se puede entender por qué las actividades planificadas por la profesora para producir un aprendizaje significativo, se convierten en una memorización literal de los contenidos del libro. Este modo de aprender se refuerza en los alumnos al conocer que las evaluaciones subsiguientes sólo van a requerir que repitan aspectos que copiaron en sus cuadernos o que están en el libro de texto. Adquirir los conocimientos de modo que luego puedan "aplicarlos" (según Reigeluth, 1983, "aplicar" conlleva clasificar, explicar, predecir, inferir), no parece formar parte de su experiencia de aprendizaje, por tanto, tampoco de la intención que atribuyen a sus actividades de trabajo.

En relación a estos aspectos, es interesante señalar aquí cómo algunos alumnos de los que fueron entrevistados en ambos centros, hacían comentarios semejantes a los siguientes durante la entrevista, cuando se les instaba a pensar, a relacionar sus propias ideas, etc.:

- " es que esto no lo he estudiado de esta manera"*
- " nunca se me ha ocurrido pensar de qué está hecho el SN"*
- "nunca he pensado cómo llega la orden a la pierna"*
- "claro, si estudiásemos de este modo sería distinto"*
- " lo de neurona me suena; venía en el libro, pero no me acuerdo qué es".*

Al igual que los alumnos, las profesoras atribuyen a las ideas que los alumnos expresan un nivel de comprensión que no tienen. De ahí que no perciban las dificultades que el aprendizaje de MC propuesto provoca.

14.5- El MC de la instrucción y el aprendizaje de los alumnos

Un modelo conceptual, en la acepción utilizada en este trabajo, es un instrumento creado para el aprendizaje o la enseñanza de un sistema determinado (Norman, 1983). Por esto nos hemos referido al modelo conceptual del SN propuesto por la instrucción. Un modelo mental, por otro lado, es lo que la gente tiene en su cabeza sobre un sistema y guía su utilización del mismo. Son los modelos mentales del SN que tienen los alumnos.

El MC del SN que subyace en la instrucción se presenta a los alumnos de una manera determinada. Por un lado están los libros de texto, y por otro, las actividades propuestas por las profesoras para guiar el aprendizaje del MC. Ambos elementos configuran lo que Norman denomina *imagen del sistema* que ve el aprendiz, y que es diferente del MC sobre el que se basa y del modelo mental que el que aprende se formará sobre el mismo.

La imagen del sistema debe ser percibida como consistente, cohesiva e inteligible. En este capítulo se han analizado con detenimiento las ambigüedades y limitaciones que percibimos, tanto en los manuales escolares, como en las actividades de aprendizaje propuestas.

Creemos que el MC del SN que se presentó a los alumnos tenía aspectos, al menos, poco inteligibles para estos:

- Las ilustraciones que acompañan el texto explicativo, especialmente los esquemas, son de un gran nivel de abstracción, y además no explicitan las convenciones empleadas (Figuras 14.2, 14.4, 14.5 y 14.6).
- Las relaciones entre algunos principios (tipos de actos nerviosos; Figura 14.2) están expresadas de modo muy complejo y con ambigüedades.
- Las relaciones entre los componentes del nivel orgánico y celular, que los alumnos no están habituados a considerar en otros sistemas, están poco claras en el modelo (Figura 14.1).

Por otro lado, el MC que subyace en la instrucción debe ser a su vez: aprendible, funcional y utilizable, teniendo en cuenta las características de los conocimientos de los alumnos relativas al dominio al que se refiere el MC. En la revisión de las actividades de aprendizaje encontramos:

- La demanda cognitiva de las actividades de aprendizaje y evaluación es muy baja: sólo solicitan recordar o evocar aspectos del SN, tal y como se les presentan en los manuales.
- La no exigencia de transferencia cognitiva, o utilización de los conocimientos en otros contextos, de las actividades propuestas a los alumnos (Tablas 14.4 y 14.5), no permite hacer muchas inferencias respecto a la comprensión y funcionalidad del MC propuesto.
- La revisión de las producciones de los alumnos (cuadernos de trabajo y evaluaciones) pone de manifiesto la repetición de frases literales de sus manuales, y que gran número de sus expresiones son, cuando menos, ambiguas.
- Las ideas expresadas por los alumnos en sus producciones escolares (Tabla 14.6, por ejemplo) dan indicios para sospechar que no han comprendido el modelo conceptual propuesto por la instrucción: algunas de las expresiones que utilizan parecen corresponder a un aprendizaje memorístico de aspectos parciales del modelo.

La dificultad del MC del SN propuesto no es toda imputable a los fallos en las características citadas, o a la no adecuada imagen del sistema en que se plasma -no es fácil pasar del MC científico del SN a un MC escolar del mismo. Señalamos alguna de las dificultades que plantea el aprendizaje del SN a estos alumnos.

Los distintos procesos fisiológicos humanos, han sido estudiados por estos alumnos como funciones separadas e independientes, cuyo resultado final es mantener la vida del individuo. La interdependencia de los procesos fisiológicos, aún en los casos en los que se suele explicitar (relaciones respiración- circulación, digestión-circulación-excreción, etc), se suele refiere a una relación de la actividad de los sistemas correspondientes concretada en el transvase de alguna sustancia de uno a otro. Sin embargo, los procesos de coordinación y regulación de estos procesos interdependientes, para producir en cada momento la actividad requerida, (función del SN) es un aspecto nuevo y complejo.

De hecho, en un primer nivel de explicación, gran parte de la actividad orgánica puede referirse a determinados sistemas, sobre todo cuando se plantea de modo prototípico. Este es el nivel en que parecen desenvolverse los alumnos en relación a su comprensión del cuerpo, refrendado por la instrucción durante la EGB. Sin embargo, se requiere la intervención coordinada de los sistemas cuando se tratan de explicar las *variaciones o ajustes* que se producen en dichas actividades, como consecuencia de las interacciones internas o con agentes externos.

La instrucción en 8º de EGB desarrolla la función del SN en relación, primordialmente, con determinadas actividades senso-motoras muy estereotipadas (reflejos de defensa y movimientos voluntarios), pero luego señala, de modo superficial, que el sistema se relaciona con la actividad de todos los órganos internos. Este segundo aspecto no encaja con los estereotipos de actividad planteados.

Otra dificultad para el aprendizaje del MC propuesto estriba en que los modelos mentales que construyen los alumnos sobre dicho MC están condicionados por sus creencias previas sobre el SN y otros sistemas corporales. Estas ideas no fueron tenidas en cuenta en el proceso de aprendizaje.

No obstante, aunque las profesoras señalan que el SN resulta difícil a los alumnos, dicen no percibir que tengan dificultades especiales para su comprensión. No parecen detectar en las evaluaciones las ambigüedades e imprecisiones de los alumnos en relación al aprendizaje del modelo propuesto en la instrucción.

15. CONCLUSIONES PARCIALES

Iniciamos esta parte del trabajo planteando unos objetivos desglosados en cuestiones que ahora podemos responder a modo de conclusiones sobre las ideas de los alumnos y alumnas de 7º y 8º de EGB sobre el SN y la influencia de la instrucción.

Objetivo 5º. *Describir las ideas de los alumnos de 7º de EGB sobre el SN, antes de la instrucción sobre el mismo. Esta descripción deberá responder a las cuestiones siguientes:*

- j. *¿Cuáles son las ideas de los alumnos sobre el cerebro y los nervios antes de la instrucción sobre el SN?*
- k. *Los conocimientos sobre el cuerpo humano, adquiridos durante los cursos anteriores ¿parecen haber influido en la conceptualización actual de los alumnos sobre el cerebro, los nervios y sus funciones?: si lo hacen, ¿en qué modo influyen?*

- Todos los alumnos conceptualizan antes de la instrucción un "sistema nervioso", formado por varios elementos relacionados morfológica y funcionalmente. En la concepción de este sistema se dan dos tendencias:
 - Un 65% concibe que esta estructura está formada por el "cerebro" (denominación para la masa encefálica), que representan como una estructura indiferenciada morfológicamente, y los nervios, que consideran como tubos. Cerebro y nervios forman una unidad funcional.
 - El 35% restante representan el SN de modo más idiosincrático, constituido por ciertas estructuras y unos nervios especiales; este sistema no se relaciona con el cerebro morfológica ni funcionalmente. El cerebro, en estos casos, puede estar relacionado con otros conductos, que no son del SN.
- Cuando el SN está constituido por el cerebro y los nervios, se le adjudican las funciones senso-motoras que se atribuyen al cerebro, al que se implica también en actividades afectivas y cognitivas. Las funciones atribuidas al SN en términos generales tienden a ser restringidas cuando se trata de dilucidar su intervención en una gama de actividades senso-motoras concretas. Esta restricciones están

condicionadas por el modo en que los alumnos consideran diferentes actividades corporales.

Los SN especiales tienen un rango de actividad más restringida y se relacionan con actividades de tipo más psicológico que senso-motor.

- El funcionamiento del sistema se representa como un mecanismo sencillo de transmisión unidireccional de información. Para el 80% el cerebro recibe o manda dicha información por nervios o conductos no asociados al SN. El 20% restante señala que basta que el cerebro "piense" y el cuerpo funciona, sin que se necesite un soporte material para la transmisión de la información.
- La integración estructura-función se da a nivel macroscópico de órganos. Sólo un 25% nombra las células en relación al cerebro y/o los nervios, pero sin consecuencias funcionales.
- En los datos analizados aparecen indicios que sugieren una influencia de los conocimientos que sobre otros sistemas corporales tienen los estudiantes, en su concepción del SN. Proponemos a este respecto la hipótesis siguiente:
 - El estudio de otros sistemas del cuerpo humano parece haber propiciado el desarrollo de una estructura genérica, implícita en el pensamiento de los alumnos, sobre cómo son y funcionan dichos sistemas;
 - Esta estructura parece actuar como referencia analógica para inferir características del SN, cuando se pone a los alumnos en el contexto de dar cuenta de este sistema que no han estudiado formalmente.
- No se puede descartar la influencia del medio social como transmisor de conocimientos sobre algunos aspectos del SN. Pero, tras cinco cursos de estudio sobre el cuerpo humano, es difícil delimitar en las ideas adquiridas de modo espontáneo, cuáles procedan de fuentes escolares informales y cuáles de otras.

Objetivo 6^a. *Analizar la influencia de la instrucción sobre el SN en las ideas de los alumnos de 8^a de EGB. Este análisis debe dar respuesta a estas cuestiones:*

- l- ¿Qué cambios se producen en las ideas de los alumnos después de la instrucción?*
- m- ¿Qué modelo conceptual del SN se propone en la instrucción?*

n- ¿Adquieren los estudiantes el modelo conceptual del SN propuesto en la instrucción?

o- El nivel de diferenciación/integración de los conocimientos de estos alumnos sobre el SN, ¿se corresponde con el de otros sistemas corporales?

- Tras la instrucción, un 25% diferencian un mayor número de estructuras anatómicas en el encéfalo, y un 50% representa un eje principal de ramificación de los nervios.
- La función atribuida a este sistema sigue siendo expresada en términos muy genéricos y, aún cuando se lo relaciona con "todo lo del cuerpo", se somete su intervención a ciertas restricciones, sobre todo para evitar su injerencia en la función de otros sistemas que conocen.
- Sólo un 25% diferencian neuronas como componentes del cerebro y los nervios, y aparece por vez primera una integración, muy sencilla de estructura-función a nivel celular.
- Disminuye el número de alumnos que representan el SN con estructuras más idiosincráticas.
- El modelo conceptual propuesto en la instrucción es complejo, plantea la morfología y función del SN tanto a nivel orgánico como celular, situación poco habitual para los alumnos de estos niveles en otros sistemas corporales.
El modelo conceptual que plantean los materiales de los alumnos presenta aspectos poco inteligibles, tanto en las figuras como en el texto explicativo, y algunas relaciones conceptuales son ambiguas.
- La demanda cognitiva de las actividades de aprendizaje y evaluación escolares es muy baja, lo cual dificulta las inferencias sobre la comprensión del modelo propuesto.

No obstante, la revisión de las producciones de los alumnos (cuadernos de trabajo y ejercicios de evaluación) arroja indicios suficientes para sostener que no han comprendido el modelo conceptual propuesto por la instrucción: repiten frases textuales de sus manuales (cuyo significado no parecen haber asimilado), y gran número de sus expresiones son ambiguas.

Por otro lado, la mayoría de las ideas sobre el SN expresadas por los alumnos en sus producciones escolares no fueron utilizadas por ellos durante las entrevistas, que tuvieron lugar meses después.

- Las profesoras no son conscientes de las dificultades concretas que el modelo conceptual propuesto tiene para los alumnos. Aunque señalan que el tema es "difícil", creen que los estudiantes cubren los objetivos propuestos, creencia que los datos no avalan.
- Tras la instrucción, seguimos manteniendo la hipótesis de que los alumnos parecen utilizar un mecanismo de razonamiento analógico, estableciendo relaciones entre una estructura genérica implícita para los sistemas internos, y el SN. Esta sería la causa de que las características del MC propuesto por la instrucción que no encajan en dicha estructura, no aparezcan en el discurso de los alumnos.
- Los conocimientos de estos alumnos sobre el SN parecen tener el mismo nivel de desarrollo que los de otros sistemas internos desde la perspectiva siguiente:
 - Han diferenciado sus órganos esenciales, les adjudican determinadas actividades en el sistema, y han conceptualizado un mecanismo básico a nivel orgánico.
 - Cómo en otros sistemas corporales, aparecen entre los alumnos algunas ideas peculiares sobre el SN, aún después de la instrucción, posiblemente generadas en el intento de reconciliar sus ideas pre-instrucción con las nuevas informaciones.

Las ideas sobre la función del SN en el conjunto de la actividad corporal parecen menos diferenciadas respecto a sus conocimientos de las funciones de otros sistemas, tal y como se relatan en la literatura al efecto.

Menor diferenciación significa aquí poca precisión, no corrección o profundidad. Junto a las restricciones que imponen a la función global atribuida al SN aparece aún una idea del "cerebro" como controlador psico-fisiológico de los procesos corporales, por encima de una concepción de regulación automática de los mismos.

Objetivo 7º. *Analizar si las ideas de los alumnos sobre el SN se puede interpretar desde la perspectiva de los modelos mentales. Se trata de documentar las cuestiones siguientes:*

- p- Las representaciones de los alumnos de 7º/8º, ¿ se pueden considerar como modelos mentales?*
q- En caso afirmativo, ¿qué elementos constituyen los modelos mentales ?

- Tanto antes como después de la instrucción, el análisis de los datos nos permite considerar las ideas de los alumnos desde la perspectiva de los modelos mentales; es decir, las ideas de cada sujeto poseen coherencia interna y le permiten realizar predicciones consistentes sobre el funcionamiento del sistema en nuevas situaciones.

- Los modelos mentales del SN se constituyen en torno a ciertas ideas de los alumnos sobre este sistema, que hemos denominado: topología del sistema, función general del mismo y mecanismo de ejecución. En cada modelo, estos tres componentes son coherentes entre sí y difieren de los de otros modelos. Las actividades corporales específicas en que involucran al SN no son constituyentes del modelo mental, pero son consecuentes con el mismo.

- Antes de la instrucción se han podido describir cinco modelos mentales sobre el SN (Tabla 12.4). El modelo que denominamos Cuasi-Escolar, por ser el que más se asemeja a los modelos propuestos por la instrucción, es compartido por 13 de los 20 alumnos de la muestra. Los 7 alumnos restantes tienen modelos mas idiosincráticos de este sistema.

- Después de la instrucción describimos también cinco modelos mentales del SN: cuatro son coincidentes con los de la pre-instrucción. El modelo Cuasi-Escolar sigue siendo el más común entre los alumnos (12 de 20).

En relación a los alumnos, 8 han variado su modelo tras la instrucción. 4 de los cuales constituyen el que denominamos Cuasi-Escolar Avanzado, que es el que integra un mayor número de elementos del MC de la instrucción.

PARTÉ Y

SINTESIS Y CONCLUSIONES FINALES

16. LA EVOLUCION CONCEPTUAL DEL SN. IMPLICACIONES DIDACTICAS	503
16.1- La descripción cualitativa del conocimiento	504
16.2- Cambios en los conocimientos sobre el SN	505
16.2.1- Evolución de conceptos específicos sobre el SN	506
- De preescolar a 3º de EGB : evolución de las ideas sobre el cerebro, los nervios y el SN en los niños	506
- De 7º a 8º de EGB evolución de las ideas sobre el cerebro, los nervios, y el SN en los pre-adolescentes	510
- Evolución de los conceptos cerebro, nervios y SN, desde preescolar a 8º de EGB	514
16.2.2- Modelos mentales sobre el SN y su evolución	516
- Caracterización de los modelos mentales	16
- Evolución de los modelos mentales sobre el SN desde preescolar a 8º de EGB	18
16.3 - Implicaciones didácticas	520

16. LA EVOLUCION CONCEPTUAL DEL SN. IMPLICACIONES DIDACTICAS

La síntesis y conclusiones finales de este trabajo vamos a realizarla desde los tres aspectos siguientes:

- En primer lugar, trataremos algunos puntos relativos a la metodología utilizada para la descripción cualitativa del conocimiento de los alumnos sobre el SN.
- Después, nos centraremos en el aspecto de la evolución de los conocimientos que hemos venido describiendo. Las conclusiones y discusiones parciales, realizadas tras el análisis de los resultados en cada tramo de la muestra, se han centrado preferentemente en la caracterización de las ideas y tendencias que aparecen en cada grupo y en la justificación de los modelos mentales sobre el SN. Apenas se trató el punto de la evolución de los conocimientos; esto es, de los cambios que se ponían de manifiesto en el análisis de los datos a medida que aumentaba la edad de la muestra. Este es el enfoque que va a tomar este punto en esta síntesis final, y se corresponde con el Objetivo 8º planteado al inicio del trabajo:

Objetivo 8º. *Poner de manifiesto las tendencias en el desarrollo conceptual sobre el SN desde preescolar hasta 8º de EGB desde las perspectivas siguientes:*

- r. ¿Qué características comparten las representaciones de los sujetos en cada nivel seleccionado, y cuáles diferencian unos niveles de otros?*
 - s. ¿Se pueden establecer progresiones en la evolución de los modelos mentales sobre el SN, que sean en cierto modo tipificables?*
- Por último, señalaremos algunas implicaciones didácticas que se desprenden de este trabajo.

16.1- La descripción cualitativa del conocimiento

- **Las entrevistas sobre situaciones y ejemplos, y la realización de dibujos, han sido estrategias útiles para poner de manifiesto los conocimientos de los niños y pre-adolescentes sobre el SN y otros aspectos corporales.**

Los sujetos de todas las edades con los que se utilizaron estas estrategias entraron fácilmente en diálogo sobre la temática representada en las tarjetas que mediaban las entrevistas, lo que aportó gran cantidad de información a diferentes niveles de profundidad sobre sus conocimientos. Se necesitaban datos de esta naturaleza debido a la práctica inexistencia de los mismos en relación a las ideas de los alumnos sobre el SN.

La secuencia de tarjetas en la entrevista sobre situaciones para la muestra de 7º y 8º de EGB, indujo en algunos casos a considerar el "dar una patada" como una acción en dos tiempos -1º) llevar la pierna hacia atrás, y 2º) lanzarla hacia adelante- ya que las dos viñetas representan situaciones finales de un movimiento sin que se perciba la continuidad del mismo. Se palió esta situación haciendo realizar a los sujetos el movimiento indicado. Sería interesante disponer, en lugar de tarjetas, de algún tipo de mediador que reprodujera esta secuencia, pero ello conlleva otras dificultades prácticas.

Comprobamos que estas entrevistas (sobre todo cuando se emplea el teach-back como recurso), constituyen situaciones de aprendizaje para los entrevistados, que son capaces de reflexionar sobre sus propias ideas, analizarlas y reformularlas.

- **Las redes sistémicas constituyen un modo de análisis útil para la descripción cualitativa del conocimiento expresado a través de las entrevistas.**

Analizar las entrevistas con la mediación de esta estrategia, ha permitido considerar la gama de ideas que aparecen en la muestra sobre cada aspecto considerado, y representarlas con un sistema de notación en el que cada categoría cobra sentido en el contexto de las opciones existentes en el conjunto.

Una de las ventajas de las redes en el análisis es la posibilidad de representar de manera visual los casos en que datos que corresponden normalmente a categorías disjuntas en la muestra aparecen unidos en algunos sujetos (utilización de la recursión delante de un signo "bar"). Esto evita, bien el tomar decisiones poco claras en la categorización de algunos datos, o el aumentar el número de categorías para dar cuenta de los mismos.

Además, este sistema de notación permite la descripción codificada del conocimiento de cada sujeto (paradigmas), cuyo significado viene dado, no por su grado de cercanía/lejanía al conocimiento científico, sino por ser una elección determinada (paradigma del sujeto) entre las posibles opciones que se dan en la muestra (conjunto de posibles paradigmas de las redes).

La posibilidad de considerar las ideas de cada sujeto de modo codificado y fácilmente comparable con las de otros sujetos, ha sido muy útil para determinar los modelos mentales que se dan en cada muestra.

16.2- Cambios en los conocimientos sobre el SN

Vamos a considerar los cambios en las ideas sobre el SN desde dos perspectivas:

- la evolución de conceptos específicos en la muestra utilizada; y
- los cambios en los modelos mentales de los sujetos.

16.2.1- Evolución de conceptos específicos sobre el SN

De preescolar a 3ª de EGB: evolución de las ideas sobre el cerebro, los nervios y el SN en los niños

- Los niños de preescolar de la muestra conceptualizan *el cerebro* como un elemento interno con función exclusivamente mental-intelectualista. No constituye "sistema" con otros componentes internos. *Los nervios* son considerados como estados psicológicos, y por tanto, no se les atribuye entidad material.

Cuando estos niños están en 3ª de EGB, *el cerebro* sigue siendo para un 60% un órgano "no sistémico", cuyas funciones se amplían a ciertos aspectos senso motores, pero sólo como soporte cognitivo. *Los nervios* son ahora, para la mitad de estos niños, algo material relacionado con el estado de nerviosismo, y para la mitad restante, mantienen su estatus de estado psicológico. Aparece también un incipiente "sistema" en relación al cerebro, y describen mecanismos muy simples para su funcionamiento.

Las redes sobre SN y las actividades corporales de los capítulos 8 y 9 nos proporcionan las ideas de los mismos niños sobre el cerebro, los nervios, y su actividad, cuando tienen 5-6 y 8-9 años.

Las primeras conceptualizaciones sobre el cerebro en esta muestra lo describen como un "órgano mental" situado en la cabeza, sin conexiones con otras estructuras corporales, y relacionado con actividades cognitivas de sesgo intelectual; de hecho, los preescolares no involucran al cerebro en las acciones senso-motoras que relatan, las cuales atribuyen a la existencia de otras estructuras corporales que conocen (órganos de los sentidos y huesos), que son locus y causa de dichas actividades. Los nervios no se conceptualizan como entidades materiales por los niños de 5-6 años.

En 3ª de EGB, cuando tienen 8-9 años, estos niños siguen considerando mayoritariamente al cerebro como un "órgano mental", pero ahora han ampliado el ámbito de lo mental para incluir el soporte cognitivo de ciertas actividades senso-motoras. Cómo indican las redes del capítulo 9, dichas actividades siguen siendo

causadas -según los niños- porque existen órganos específicos para llevarlas a cabo, pero ahora el cerebro "sabe, o conoce" que se realizan.

Al relatar cómo realiza su función el cerebro, éste aparece, en un 40%, constituyendo "un incipiente sistema", con unos conductos (a veces identificados como venas) que lo unen a algunos órganos de los sentidos, o a los agentes del movimiento (huesos, articulaciones o músculos). Pero, incluso en estos casos, el cerebro se sigue comportando para la mayoría de los niños de 3º como "órgano mental" (le llega la información y conoce). Sólo dos niños atribuyen a su intervención un carácter "mecanicista"; esto es, consideran que la actuación del cerebro, a través de unos conductos que lo unen con ciertas partes corporales, es la causa de que estas realicen su actividad.

Sólo la mitad de los niños de 8-9 años diferencian los nervios como estructuras corporales (que no saben localizar), y entonces los relacionan con el estado de nerviosismo.

Si consideramos el carácter psicológico de la actividad mental y del estado de nerviosismo, podríamos decir que el cerebro y los nervios (cuando estos últimos tienen naturaleza material) tienen carácter de *psico-órganos* para la mayoría de los niños de 5 a 9 años; esto es, son elementos internos relacionados con actividades corporales de tipo psíquico.

El considerar la existencia de psico-órganos en la conceptualización de los niños no significa que estos describan el comportamiento corporal en términos de una causalidad intencional. Como justificamos en el apartado 9.3, el pensamiento infantil sobre el cuerpo humano tiene más rasgos de una biología intuitiva que de una psicología intuitiva (utilizando la terminología de Carey, 1985).

En el conjunto de los conocimientos de estos niños de 8-9 años sobre el cuerpo humano, sus ideas sobre el cerebro tienen el mismo nivel de diferenciación que las correspondientes a órganos de otros sistemas: conocen su existencia y localización y le atribuyen una actividad expresada en términos muy globales. En menor proporción, consideran la necesidad de que el cerebro se relacione con otras estructuras (tubos) para llevar a cabo su función, y entonces describen mecanismos de ejecución muy elementales e incompletos, al igual que ocurre con otros órganos internos que conocen (pulmones y estómago).

Origen de los conocimientos sobre el SN de los niños de 5 a 9 años

- **Las ideas de los niños de 5-6 años sobre el cerebro y los nervios parecen haber sido adquiridas, principalmente, por transmisión social, con el refuerzo del lenguaje común.**

Cómo expusimos en la discusión del capítulo 9, las ideas de los niños sobre el interior del cuerpo y su funcionamiento podían deberse a tres tipos de conocimientos (además de la instrucción directa, que no aplica a los preescolares): sus experiencias cotidianas sobre el resultado o inicio de procesos internos, no accesibles en su totalidad: la exploración y experiencias realizadas con el cuerpo; y la transmisión social indirecta, e implícita en la mayoría de los casos, de aspectos internos no observables.

Los conocimientos de los preescolares sobre el cerebro y los nervios no pertenecen a las dos categorías primeras: no son aspectos de procesos internos que se experimentan cotidianamente, como son por ejemplo, la relación de la comida con la "garganta", o el latido del corazón; tampoco son el resultado de la manipulación investigativa del cuerpo, como lo es el notar los huesos y las zonas por dónde se doblan, o el aguantar sin "respirar". Las limitadas ideas de estos niños sobre el cerebro y los nervios parecen provenir de la transmisión social. Los niños aprenden que "se piensa con la cabeza" (así lo dice alguno) y desde muy pequeños conocen que el cerebro "es lo que hay dentro la cabeza" (Jonhson y Wellman, 1982); la asimilación de los nervios a un estado emocional es una referencia aún más clara a la utilización del término en el lenguaje común: "estar nervioso", "no me pongas nerviosa", "estar mal de los nervios", son expresiones familiares a estos niños, como ellos mismos atestiguan, según nuestros datos.

- **Los cambios que se ponen de manifiesto en las ideas de estos niños sobre el cerebro y los nervios, desde preescolar a 3º de EGB, nos permiten plantear la hipótesis siguiente: el aumento de los conocimientos sobre otros órganos internos tiene lugar mediante la interacción de los tres tipos de conocimientos expresados anteriormente, y además, por la influencia de la instrucción. Algunos**

de estos conocimientos pueden actuar como referentes para establecer relaciones analógicas cuando tratan de explicar el funcionamiento de otros órganos que, como el cerebro, les resultan más desconocidos.

Desde esta perspectiva, que requiere para su validación estudios posteriores, se puede interpretar, por ejemplo, la aparición de tubos que conectan el cerebro con otras partes. Hay niños que han conceptualizado la necesidad de tubos que conecten los pulmones y el estómago con el exterior, para que circule el aire o la comida; al preguntarles, por ejemplo, cómo explican su afirmación de que el cerebro hace falta para mover la pierna, aplican el mismo esquema que tienen para los otros órganos: el cerebro manda "algo" (mental o físico) por unos tubos, de la cabeza a la pierna.

El aumento de la intervención del cerebro en los sentidos tiene su origen más probable en la instrucción, aunque los niños no identifiquen los nervios con los conductos que van del cerebro a dichos órganos.

En relación a los nervios, aunque la mitad de estos niños de 8-9 años aseguren que tienen entidad material, se resisten a localizarlos y dibujarlos, cosa que no sucede con otras estructuras que nombran. No saben nada acerca de ellos, y los conocimientos sobre otros órganos internos no les sirven probablemente de referentes analógicos, ya que la función de "ponerse nervioso" que les atribuyen no corresponde a la actividad de una estructura corporal concreta.

No es propósito de este estudio analizar el tipo de razonamiento que utilizan los niños en sus explicaciones de sentido común sobre el cuerpo; pero, los datos recogidos permiten emitir la hipótesis de que el razonamiento analógico sea, entre otros, uno de los recursos utilizados para la reestructuración de sus conocimientos sobre algunos aspectos del SN. De hecho, el uso por los niños de un pensamiento analógico de tipo espontáneo, ha sido puesto de manifiesto por diversos autores (Goswami, 1991, Brown y col., 1986, 1988) en otros campos.

De 7º a 8º de EGB: evolución de las ideas sobre el cerebro, los nervios, y el SN en los pre-adolescentes

Antes de la instrucción

- Los alumnos de 7º de EGB, antes de estudiar de modo formal el SN han conceptualizado un "sistema" constituido por el cerebro y unos conductos por los que circula información de naturaleza diversa, entre el cerebro y otras partes corporales.

Este sistema se relaciona en principio con actividades cognitivas, sensoriales y motoras, o de modo genérico con "todo lo del cuerpo", aunque ante situaciones concretas, estas funciones se someten a restricciones determinadas.

Los conductos aludidos son identificados como nervios por el 65% de los alumnos, que consideran que cerebro+nervios, o sólo los nervios, constituyen el llamado SN.

El resto de la muestra representan los nervios como unas estructuras diferentes de dichos conductos, e independientes del cerebro, que conforman lo que denominan SN (SN Especial en los datos)

El 95% de los alumnos han diferenciado unas *estructuras* que relacionan el cerebro con otras partes corporales, pero hay una diferencia de tipo semántico en el concepto con que designan dichas estructuras: unos las denominan nervios y otros conductos o tubos. Sin embargo, la extensión del concepto es la misma en ambos: las consideran como tubos que transmiten pasivamente mensajes hacia y desde el cerebro. El término *nervios* también representa en esta muestra dos conceptos diferentes; uno, el que acabamos de señalar, y otro, que designa estructuras variadas, no relacionadas con el cerebro, y que conforman el SN (Especial).

También el concepto *SN* tiene un componente diferencial de tipo semántico y otro de extensión. En un caso, SN es para unos alumnos el conjunto cerebro+nervios y para otro sólo designa los nervios; esta diferencia es puramente semántica desde la perspectiva de la unidad funcional que los segundos establecen entre el cerebro y los nervios. En el otro caso, SN es para un grupo de alumnos un

concepto de contenido diferente al anterior, tanto desde el punto de vista de las estructuras que lo componen, como de las funciones atribuidas.

Después de la instrucción

- Después de la instrucción formal sobre el SN, los principales cambios en las ideas de los alumnos sobre este sistema son:
 - Una mayor diferenciación de estructuras anatómicas encefálicas (en el 25% de la muestra), un eje central de ramificación de los nervios, y una mayor diferenciación de la estructura celular del cerebro y los nervios (40%). Sin embargo, estas diferenciaciones sólo son integradas de modo funcional en el SN por un 20% de los alumnos.
 - Una concepción unitaria del SN como unidad estructural-funcional del cerebro y los nervios, con la consecuente disminución en la concepción de nervios especiales.
 - La atribución al sistema de una función general, relacionada de modo global con el funcionamiento del cuerpo, que se somete posteriormente a restricciones diversas, ante situaciones concretas.
 - La aparición de un pequeño número de alumnos que considera un mecanismo de retro-información del sistema, pero aplicado tan sólo en situaciones concretas.

Los datos de las redes del capítulo 13 ponen de manifiesto que el concepto de cerebro sigue designando, mayoritariamente, una estructura indiferenciada morfológicamente. Muy pocos alumnos diferencian una estructura encefálica con componentes y funciones diferenciales.

Los nervios siguen siendo considerados por la mayor parte de la muestra como tubos continuos por los que circulan mensajes entre el cerebro y otros órganos. Las neuronas sólo han sido diferenciadas e integradas muy elementalmente en el funcionamiento del sistema por el 20% de los alumnos.

La instrucción

- **El modelo conceptual del SN propuesto por la instrucción es complejo. Aunque contiene elementos semejantes a aspectos de los modelos conceptuales más frecuentes en la muestra antes de la instrucción (Modelo Cuasi-Escolar), resulta de difícil comprensión para los alumnos, entre otras, probablemente por las razones siguientes: la presentación integrada de los niveles orgánico y celular, la perspectiva de un doble sistema funcional en un mismo patrón topológico, la función coordinadora-reguladora que se le asigna, y un factor de cierta ambigüedad e ininteligibilidad en las explicaciones de los materiales de aprendizaje utilizados.**

El aprendizaje del SN tiene en este momento de la escolaridad dificultades propias, si se lo compara con el de otros sistemas corporales, que también forman parte de la misma unidad de aprendizaje para los alumnos de la muestra. Resumimos algunas de las dificultades que analizamos en el capítulo dedicado a la instrucción.

En primer lugar, es la primera vez que este sistema se estudia con detenimiento, frente a otros sistemas (como el circulatorio, digestivo, respiratorio) que han sido tratados en cursos anteriores (Tabla 1. Introducción).

En segundo lugar, la descripción a nivel celular de los aspectos anatómicos y funcionales de este sistema introduce un elemento que suele estar ausente en el estudio de los otros. Conocemos además, por referencias bibliográficas (Dreyfus y col. 1988, 1989), que la comprensión de la teoría celular, aún en alumnos de más edad, es muy baja. Nuestros datos han puesto de manifiesto este mismo resultado, de modo indirecto: excepto un 25% de los sujetos de 8º de EGB, el resto, aunque diga que hay células en los nervios, las colocan como estructuras adicionales de los mismos (Figuras 13.3 y 13.6).

Además, el carácter específico del SN como coordinador y regulador de la actividad corporal, supone una mayor dificultad para su comprensión, como ya expusimos. De hecho, aunque en principio le atribuyan una relación genérica con "todo lo del cuerpo", hemos puesto de manifiesto cómo tienden a restringir esta

intervención, entre otras razones, cuando se les plantean actividades que se relacionan con la función de otros órganos internos.

Finalmente, las actividades propuestas para el aprendizaje y evaluación del SN tienen un escaso nivel de demanda cognitiva, circunstancia que no favorece la reestructuración de los modelos mentales intuitivos que poseen los alumnos.

Origen de las ideas de los alumnos de 7º y 8º sobre el SN

- Algunas de las ideas sobre el SN que aparecen antes de la instrucción pueden haber sido adquiridas por transmisión social informal, en el contexto escolar o extraescolar. Pero los datos analizados permiten sugerir la hipótesis de que los alumnos utilicen un tipo de razonamiento analógico, basado en sus conocimientos sobre otros sistemas corporales, para reestructurar sus ideas sobre el cerebro y los nervios, y dar cuenta del comportamiento del SN en contextos que le resultan nuevos.

El modo como se plantea el estudio de otros sistemas corporales internos desde 3º a 8º de EGB, nos ha llevado a plantear la hipótesis de que los alumnos puedan desarrollar una estructura implícita que dé cuenta, en términos generales, de la estructura y funcionamiento de dichos sistemas (capítulo 12). Esta estructura posibilitaría la reestructuración por vía analógica de los conocimientos adquiridos de modo informal sobre el cerebro y los nervios.

Las características de los modelos mentales de la muestra antes de la instrucción, y otras ideas sobre el cerebro y los nervios, presentan rasgos que posibilitan una justificación desde la perspectiva de la utilización de inferencias analógicas entre los conocimientos generalizados que los alumnos puedan tener sobre otros sistemas corporales, y las ideas sobre el cerebro y los nervios adquiridas de modo espontáneo en el transcurso de los años.

- Algunos de los cambios en los conocimientos de los alumnos después de la instrucción parecen directamente relacionados con ella, sobre todo, los que se refieren a descripciones morfológicas del SN. Sin embargo, el que apenas se modifiquen las ideas relativas a la función y funcionamiento del sistema, nos inclina a seguir manteniendo la hipótesis de que la estructura implícita sobre los sistemas corporales, base de la analogía antes aludida, siga siendo el elemento sobre el que reestructuran los conocimientos.

Las ideas de los alumnos sobre el SN tras la instrucción parecen estar modeladas, como antes de la instrucción, sobre una estructura genérica que aplica mejor a otros sistemas internos. Los aspectos propios de este nuevo sistema (incluyendo aquellos que las profesoras consideran medulares en el tema), no son utilizados por los alumnos cuando explican, actividades corporales en las que interviene, o cuando dan cuenta de modo directo de cómo es y actúa el SN.

Las características particulares del modelo conceptual del SN, y las dificultades que plantea su aprendizaje (capítulo 15), requeriría que los alumnos introdujeran modificaciones sustanciales en la estructura genérica implícita de los sistemas corporales que han desarrollado, y construir una concepción nueva de la relación inter-sistemas, no basada en el transvase de sustancias.

Evolución de los conceptos cerebro, nervios y SN, desde preescolar a 8º de EGB

La evolución de las ideas relativas al SN que aparece en nuestra muestra está resumida en el cuadro siguiente. Se trata de una presentación esquemática cuyo desarrollo y justificación vienen expresados en las diversas síntesis y conclusiones parciales del trabajo.

Tabla 16.1- Evolución de los conceptos cerebro, nervios y SN, desde preescolar a 8° de EGB

	CEREBRO	NERVIOS	S. NERVIOSO
PREESCOLAR	<ul style="list-style-type: none"> • Órgano aislado, indiferenciado estructuralmente. Función mental (intelectual). Naturaleza: no sabe. 	<ul style="list-style-type: none"> • No existen como estructura material. 	<ul style="list-style-type: none"> • No existe.
TERCERO DE EGB	<ul style="list-style-type: none"> • Órgano indiferenciado estructuralmente; relacionado por tubos con otras partes corporales. Función mental (soporte cognitivo de actividades senso-motoras). Naturaleza: material genérico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos sueltos de localización incierta. Funciones psicológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esbozo de sistema cerebro-tubos.
SEPTIMO DE EGB	<ul style="list-style-type: none"> • Órgano indiferenciado estructuralmente, con distintas zonas funcionales, conectado por nervios o conductos a otras partes corporales. Funciones cognitivas y senso-motoras (restringidas). Naturaleza: genérica o celular en general. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nervios especiales con funciones particulares. • Tubos huecos, relacionados con el cerebro y ramificados por el cuerpo. Función transmisora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema=Cerebro+Conductos SN Especial • SN=Nervios • SN=Cerebro+Nervios
OCTAVO DE EGB	<ul style="list-style-type: none"> • Encéfalo formado por: cerebro, cerebelo y bulbo. Función de relación genérica con toda la actividad corporal (restricciones). 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadenas de neuronas transmisoras. Ramificados a partir de la médula. 	<ul style="list-style-type: none"> • SN= Encéfalo+Médula+Nervios

16.2.2- Modelos mentales sobre el SN y su evolución

Caracterización de los modelos mentales

- Las ideas sobre el SN de los niños y pre-adolescentes no son piezas de conocimientos inconexos. El análisis de los datos desde la perspectiva de los modelos mentales, nos permite interpretar el pensamiento de los sujetos como conformando este tipo de constructos para explicar la actuación de este sistema y predecir su comportamiento en nuevos casos.

Las ideas de los alumnos sobre una gama variada de nociones biológicas han sido descritas en la literatura como estructuras organizadas, con cierto grado de consistencia y estabilidad, que reciben nombres diversos (marcos o teorías alternativas, teorías infantiles, esquemas conceptuales, representaciones). La descripción de estas estructuras se ha realizado generalmente tomando las muestras como unidad de análisis, y las teorías científicas, o de otro tipo (Carey), como referentes. En pocos casos se ha indagado la coherencia interna y la consistencia del pensamiento de cada sujeto y su evolución.

La consideración desde los modelos mentales nos ha permitido poner de manifiesto que los conocimientos sobre el SN de cada sujeto de la muestra poseen coherencia interna y son aplicados consistentemente para predecir el comportamiento del sistema en situaciones nuevas. La consistencia personal en el uso de los modelos mentales se ha analizado teniendo en cuenta el modo en que el sujeto categoriza las nuevas situaciones, no desde la clasificación que un biólogo haría de ellas desde la perspectiva del SN. Es decir, en los modelos mentales, coherencia y consistencia se abordan desde los presupuestos del pensamiento del sujeto; no se trata siquiera de probar si la coherencia interna del pensamiento es consistente con los presupuestos científicos.

- Los elementos constituyentes de los modelos mentales descritos son: la topología del sistema, la función general atribuida al mismo, y el mecanismo de ejecución por el que realiza dicha función en situaciones concretas.

Estos tres constituyentes son específicos en cada modelo, y existe coherencia interna entre ellos. La función general atribuida a la topología del sistema se somete a restricciones diversas (Tablas 12.6 y 13.9), por lo cual, las actividades concretas en que cada sujeto involucra al SN son consecuencia, no constituyente diferencial, de su modelo mental.

Otras ideas particulares de los sujetos que comparten un mismo modelo mental, relativas a la arquitectura y mecanismos de ejecución el sistema, representan matices diferenciales consistentes con el modelo, y no alteran sus constituyentes básicos (por ejemplo Tablas 12.1 y 13.1 a 13.3).

- No existen modelos de "sistema nervioso" en los niños de 5 a 9 años. Sin embargo, a partir de los 8-9 años, se han podido describir tres modelos mentales sobre el cerebro: dos bien definidos (Cognitivo y Mecanicista) y uno de transición (Mixto). En estas edades las ideas sobre los nervios no constituyen modelos mentales desde los constituyentes antes indicados.

En los alumnos de 13-15 años, se han descrito cinco modelos mentales sobre el SN antes de la instrucción, y cinco tras la instrucción. Cuatro de estos modelos son coincidentes, aunque algunos sujetos cambien de modelo.

La distribución de los modelos caracterizados en cada tramo de la muestra no es homogénea (Tablas 9.6, 12.4 y 13.8). Uno de los modelos es compartido por un mayor número de sujetos en cada caso: el Modelo Cognitivo lo utilizan 5 de los 10 niños de 8-9 años; el Cuasi-Escolar, 13 de los 20 alumnos de 7º de EGB; y este mismo modelo aparece en 12 de los 20 alumnos tras la instrucción.

Factores que limitan la construcción de los modelos mentales

- Las distribuciones señaladas en el punto anterior, pueden cobrar sentido desde el supuesto de la existencia de creencias muy arraigadas que limitan la construcción de los modelos mentales.

"Creencias" de este tipo han sido descritas en otros estudios: las denominadas primitivas por diSessa (1988); distinciones por principios por Gelman (1990); o creencias atrincheradas por Vosniadou (1990). Según estos autores, estas ideas se adquieren sobre la base de la experiencia cotidiana.

En nuestro caso, pensamos que estas creencias limitantes pueden referirse a los conocimientos espontáneos que sobre el cuerpo y su funcionamiento poseen los niños y los alumnos, adquiridos por las vías antes expuestas, a las que se añade la estructura general implícita sobre el funcionamiento de los sistemas internos en el caso de los alumnos de 7º y 8º de EGB, adquirida por la influencia de la instrucción.

La naturaleza limitante de estas creencias explicaría, por ejemplo, la escasa variación en los modelos mentales sobre el SN en el conjunto de la muestra, de 7º a 8º. El modelo conceptual propuesto por la instrucción no resulta "adecuado", o "mentalmente económico" (Norman, 1983) en el conjunto de las ideas que conforman cada modelo mental, y sólo se integran ciertos aspectos del mismo. De hecho, a nivel individual, los sujetos que cambian de modelo lo hacen incorporando algún aspecto de la instrucción "encajable" en su modelo, y los transitos se dan entre modelos que, de algún modo, parecen cercanos (Tablas 13.1 a 13.7).

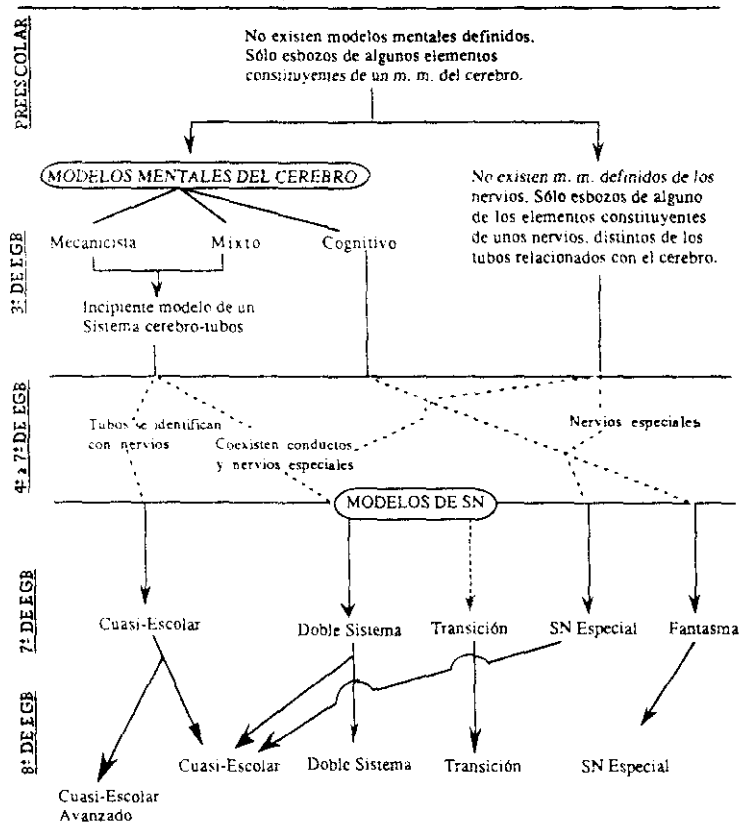
En la reestructuración de los conocimientos adquiridos sobre el SN (espontáneos, o por vía instrucción) puede tener un lugar importante el razonamiento analógico, como ya se ha expuesto. Este mecanismo sería otro factor que limitaría la construcción de modelos mentales más acordes con el modelo conceptual que propone la instrucción, dada la poca adecuación de la base que sirve de patrón analógico.

Evolución de los modelos mentales sobre el SN desde preescolar a 8º de EGB

- La evolución de los modelos mentales de un mismo sujeto sólo se pueden representar, en nuestro caso, en relación a las muestras de cada uno de los dos estudios que componen el trabajo. Sin embargo, en función de las características de cada modelo, se puede señalar una evolución hipotética desde los que aparecen en los niños hasta los que se describen en los pre-adolescentes.

El Cuadro 16.2 representa todas estas relaciones. Las líneas continuas indican relaciones documentadas en los datos, las líneas a trazos son relaciones hipotéticas sobre qué modelos pueden ser precursores de otros.

Cuadro 16.2- Evolución de los modelos mentales sobre el SN



16.3 - Implicaciones didácticas

El estudio de las ideas de los alumnos sobre el SN, y la influencia de la instrucción, llevados a cabo en esta muestra, nos permite la siguientes afirmaciones en relación al aprendizaje del tema:

- **Antes de la instrucción formal sobre el SN, los alumnos son capaces de hacer explícito un entramado de ideas sobre este sistema y su funcionamiento. Algunas de las ideas que aparecen en la muestra son erróneas, pero otras son más bien limitadas. Todas ellas constituyen la base del aprendizaje escolar del SN, y pueden ser utilizadas como recurso en el mismo.**

Los alumnos de 7º de EGB han puesto de manifiesto su posibilidad de hacer explícita, y reflexionar sobre, sus concepciones acerca de la intervención del SN en actividades corporales cotidianas; este tipo de reflexión puede constituir un importante recurso de aprendizaje. Hacer a los alumnos conscientes de sus ideas espontáneas, además de cubrir una función motivadora, puede fomentar su utilización ante los nuevos planteamientos de la instrucción, facilitando la percepción de las diferencias, coincidencias, lagunas, etc. existentes entre ellas y los planteamientos de la ciencia escolar.

- **El modelo conceptual de SN que se proponga en la instrucción debería tener en cuenta, tanto los modelos mentales que sobre él tienen los alumnos, como su nivel en otros conocimientos biológicos, especialmente los relativos sistemas corporales estudiados con anterioridad.**

Los tipos de, y relaciones entre, los contenidos del modelo conceptual de SN, *deberían establecerse conociendo dónde se pueden dar las dificultades en su aprendizaje.*

- En primer lugar, dificultades relativas a las ideas sobre el sistema, *espontáneamente adquiridas por los alumnos*;
- En segundo, las que pueden provenir de otros contenidos biológicos incorporados al modelo, cuya comprensión no está al alcance de los conocimientos de los alumnos, y de los que se podría prescindir en estos niveles (por ejemplo, la explicación del SN a nivel celular);
- También habría que explicitar más -dada su complejidad- la naturaleza de este sistema (a nivel fenomenológico orgánico) en su función de coordinador y regulador de la actividad corporal, y su relación con otros sistemas internos que son más conocidos para los alumnos.

Los modelos conceptuales del SN que se proponen en los materiales escolares estandarizados (sin olvidar las figuras y los esquemas), deberían ser revisados por los profesores, al menos desde los aspectos anteriores, para paliar las posibles ambigüedades e inexactitudes que puedan poseer, y que añaden otro factor de dificultad al aprendizaje de este sistema.

- Cuando se plantea por primera vez a los alumnos este sistema de modo formal, las actividades de aprendizaje deberían poseer un nivel de requerimiento cognitivo mayor que el simple recuerdo, de modo que se facilite la reestructuración de las ideas espontáneas que ya poseen los sujetos, y el aprendizaje de nuevos contenidos y relaciones.

La complejidad de este sistema requeriría, en su primera introducción, no plantear su aprendizaje del mismo modo y al mismo nivel que otros sistemas que le son más familiares a los alumnos.

Los datos de este estudio han puesto de manifiesto las diferencias en el modo de pensar los alumnos sobre este sistema cuando realizan las actividades de instrucción, y durante las entrevistas. En el primer caso, y según sus profesoras, las actividades de aprendizaje y evaluación propuestas ponen de manifiesto que los alumnos han comprendido razonablemente bien el tema sin dificultades especiales. En el segundo se hace explícito que, al menos, no existe funcionalidad en los aprendizajes que las profesoras suponen adquiridos.

La escasa demanda cognitiva de las actividades de aprendizaje no ha facilitado, en general, que la instrucción produzca una reestructuración de los modelos mentales sobre el SN que existían antes de la misma. Teniendo en cuenta la plausibilidad de que los alumnos utilicen un tipo de razonamiento analógico implícito, basado en sus conocimientos de otros sistemas internos, es conveniente que las actividades de aprendizaje favorezcan el hacer explícitas dichas analogías, que en este caso no pueden conducir a los resultados propuestos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABIMBOLA, I. O. (1983) The relevance of the "new" philosophy of science for the science curriculum. *School of science and Mathematics*, 83:181-193.
- ADEY, P. (1988) Cognitive acceleration: review and prospects. *International J. of Science Education*, 10 (2):121-134.
- AGUIRRE DE CARCER, I. (1985) *Los adolescentes y el aprendizaje de las ciencias*. MEC-CENIDE: Madrid.
- ARNAUDIN, M. & MINTZES, J. (1985). Students' alternative conceptions of the human circulatory system: a cross age study. *Science Education*: 69, (5) :721-733.
- ARNAUDIN, M. & MINTZES, J. (1986) The cardio-vascular system: children's conceptions and misconceptions. *Science and Children*, 23 (5):48-51.
- ASTER (1985) *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*, Coll. Rapports de Recherches, N° 3, INRP: Paris.
- ASTUDILLO, M. y GENE, A. (1984) Errores conceptuales en biología: la fotosíntesis de las plantas verdes. *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1): 15-16.
- AUSUBEL, D. P. (1976) *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: Méjico. (Edición original USA 1968)
- BAIRD, J. R. y WHITE, R. T. (1982) A case study of learning styles in biology. *European J. of Science Education*, 4 (3): 325-337.
- BANET, E. y NUÑEZ, F. (1988.a) Ideas de los alumnos sobre la digestión: I aspectos anatómicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1): 30-37.
- BANET, E. y NUÑEZ, F. (1988.b) Ideas de los alumnos sobre la digestión: II aspectos fisiológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1): 35-44.
- BARKER, M. y CARR, M. (1989) Teaching and learning about photosynthesis. Part I An assesment in terms of students prior knowledge. *International J. of Science Education*, 11 (1): 49-56.
- BARKER, M. y CARR, M. (1989) Teaching and learning about photosynthesis. Part II A generative learning strategy. *International J. of Science Education*, 11 (2): 141-152.
- BARNESFELD, D. (1988) Interaction, construction and knowledge: alternative perspectives for mathematics education. En D. Grouwus y T. Cooney (Eds.), *Perspectives on Research on Effective Mathematics Teaching*. Reston: VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- BARRIO, C. (1988) El desarrollo de la explicación de procesos biológicos: cómo entienden los niños las causas de la enfermedad y su curación. *Infancia y Aprendizaje*, N° 42: 81-95.
- BAZAN, M. (1984.a) *La construction du concept respiratoire chez les élèves de premier cycle de l'enseignement secondaire*. Thèse de 3em. cycle. Université Paris 7.
- BAZAN, M. (1984.b) Les hypotheses sur la mecanique respiratoire au niveaux de la classe de sixieme. *Actas VI JES*. Chamonix. pp. 729-735.

- BELL, B. F. (1981) When is an animal not an animal?. *J. of Biologica Education*, 15 (3): 213-218.
- BELL, B. F. y BARKER, M. (1982) Towards a scientific concept of "animal. *J. of Biological Education*, 16 (2): 197-200.
- BERGER, P. y LUCKMANN, T. (1978) *La construcción social de la realidad*. Amorrutu: Buenos Aires.
- BERSTEIN, A. C. y COWAN, P. A. (1975) Children's concepts of how people get babies. *Child Development*, 46 :77-91.
- BIBACE, R. y WALSH, M. (1981) Children's conceptions of illness. En R. Bibace y M. Walsh (Eds), *New Directions for Child Development: Children's Conceptions of Health, Illness and bodily functions*. Jossey-Bass: San Francisco. pp:31-48.
- BLISS, J., MONK, M. y OGBORN, J. (1983) *Qualitative data analysis for educational research. A guide to uses of systemic networks*. Croom Helm: London.
- BLISS, J. y OGBORN, J. (1977) *Students' Reactions to Undergraduate Science*. Heinemann Educational Books Ltd.: London.
- BLOOM, J. y BORSTAD, J. (1990) Comments on "The adquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa? *J. of Research in Science Teaching*, 27 (4): 399-403.
- BODEN, M. A. (1988) *Computer Models of Mind*. Cambridge University Press: Cambridge.
- BOUJAADA, E. (1988) *Les representations du fonctionnement du system nerveux véhiculées par le discours d'un manuel de biologie maocain au secondaire, et leur incidence sur la conception de l'apprentissage*. Université Laval.
- BROWN, A. L., KANE, M. J. y ECHOLS, C. H. (1986) Young children's mental models determine analogical transfer across problems with a common goal structure. *Cognitive Development*, 1: 103-121.
- BROWN, A. L. y KANE, M. J. (1988) Preschool children can learn to transfer: learning to learn and learning by example. *Cognitive Psychology* 20: 493-523.
- BRUMBY, M. (1979) Problems in learning the concept of natural selection. *J. of Biological Education*, 13: 119-122.
- BRUMBY, M. (1979). Students' perceptions and learning styles associated with the concept of evolution by natural selection. PhD Thesis, University of Surrey.
- BRUMBY, M. (1982) Students' perceptions of the concept of life. *Science Education*, 66 (4): 613-622.
- BRUMBY, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68 (4): 493-503.
- BRUMBY, M. y GARRAD, J. (1985) Students' perceptions of the concept of health. *European J. of Science Education*, 7 (3): 307-324.
- BUTTLER, N. y LINN, M. (1991) How do students' views of science influence knowledge integration? *J. of Research in Science Teaching*, 28 (9): 761-784.
- CAMPS, M. y PASTOR, E. (1982) Redes estructurales de memoria y aprendizaje: un método empírico de análisis. *Universitas Terraconensis*, IV (2): 169-184.

- CAÑAL, P. (1990) *La enseñanza en el campo conceptual de las plantas verdes: un estudio didáctico en la educación básica*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- CAREY, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. MIT Press: London.
- CAREY, S. (1987) Theory change in childhood. En B. Inhelder, D. Caprona y A. Cornu-Wells (Eds), *Piaget Today*. pp: 141-163.
- CARRETERO, M. (1980) Investigaciones sobre el pensamiento formal. *Revista de Psicología General y Aplicada*, 35(1):1-28.
- CATHERALL, R. W. (1981) *Children's beliefs about the human circulatory system*. Master Thesis. University of British Columbia.
- CLEMENT, P. (1991) Sur la persistance d'une conception: la tuyauterie continue digestion-excretion. *ASTER* 13: 133-154.
- CLEMENT, P., SEVERIN, J. L. y LUCIANI, A. (1983) Les représentations en biologie et les objectifs de la pédagogie: digérer ou regurgiter?. En Actes V JIS. Chamonix. p. 453-460.
- CLEMISON, A. (1990) Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of how children learn science. *J. of Research in Science Teaching*, 27(5): 429-445.
- CLIS PROJECT (1987) *CLIS in the classroom: Approaches to teaching*. Center for Studies in Science and Mathematics Education. University of Leeds. UK.
- COLL, C. (1987) *Psicología y Currículum*. Laia: Barcelona.
- COLL, C. (1988) Significado y sentido en el aprendizaje escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo. *Infancia y Aprendizaje*, 41: 131-142.
- CONN, J. H. (1947) Children's awareness of the origin of babies. *J. of Child Psychiatry*, 1: 140-170.
- COSGROVE, M. y OSBORNE, R. (1983) Lessons frameworks for changing children's ideas. En R. Osborne y P. Freyberg (Eds), *Learning in Science*. Heinemann: London. pp: 101-111.
- CRIDER, C. (1982) Children's conceptions of the body interior. En R. Bibace y M. Walhs. *Children's conceptions of Health, Illness and Body Functions*. Jossey-Bass: San Francisco.
- CUBERO PEREZ, R. (1986) Estudio de esquemas alternativos de conocimiento relativos al proceso digestivo. *Actas IV Jornadas de Estudio sobre Investigación en la Escuela*. Sevilla. pp:141-143.
- CUBERO PEREZ, R. (1988) Los esquemas de conocimiento de los niños. Un estudio sobre el proceso digestivo. *Cuadernos de Pedagogía*. N° 165: 57-60.
- CHAMPAGNE, A. B., GUNSTONE, R. F. y KLOPFER, J. H. (1983) Naive knowledge and science teaching. *Research in Science and Technology Education*, 1(2): 173-183.
- CHI, M., FELTOVICH, P. y GLASSER, R. (1981) Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5 (2): 121-152.
- CHIAPPETTA, E. L. (1976) A review of piagetian studies relevant to science education at the secondary and college levels. *Science Education*, 60(2):253-261.

- DAVIDSON, D. (1981) *Children's concepts of the human body : a study of cognitive development*. PhD. Thesis. United States International University.
- DE KLEER, J. y BROWN, J. S. (1981) Mental models of physics mechanisms and their acquisition. En J. R. Anderson (Ed) *Cognitive Skills and their Acquisition*. LEA: Hillsdale. pp: 155-190.
- DE KLEER, J. y BROWN, J. S. (1983) Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. En A. Stevens y D. Gentner, (Eds), *Mental Models*. LEA: London. pp: 285-309.
- DE VEGA, M. (1984) *Introducción a la psicología cognitiva*. Alianza: Madrid
- DEADMAN, J. A. (1976) *The structure and development of concepts associated with the topic of evolution in secondary school boys*. PhD Thesis, Chelsea College, London.
- DENEDY, J. A. (1987) *A study of school-aged children's knowledge of five body organs*. PhD Thesis. University of Iowa.
- DISESSA, A. A. (1983) Phenomenology and the evolution of intuition. En d. Gentner y A. Stevens (Eds), *Mental Models*. LEA: London. pp: 15-33.
- DISESSA, A. A. (1988) Knowledge in pieces. En G. Forman y P. B. Pufall (Eds), *Constructivism in the Computer Age*. LEA: London. pp:49-70.
- DONALD, J. G. (1983) Knowledge structures: methods for exploring course content. *Journal of Higher Education*, 54 (1): 31-41.
- DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. y ELIOVITCH, R. (1990) Applying the "cognitive conflict" strategy for conceptual change -some implications, difficulties and problems. *Science Education*, 74 (5): 55-569.
- DREYFUS, A. y JUNGWIRTH, E. (1988) The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *International J. of Science Education*, 10 (2): 221-229.
- DREYFUS, A. y JUNGWIRTH, E. (1989) The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *J. of Biologica Education*, 23 (1): 49-55.
- DRIVER, R. (1982) Children's learning in science. *Educational Analysis*, 4(2): 69-79.
- DRIVER, R. (1987) Changing conceptions. *Proceedings of the International Seminar: Adolescent Development and School Science*. Falmer press: London. pp: 79-99.
- DRIVER, R. & ERICKSON, G. (1983) Theories-in-action: some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science. *Studies in Science Education*, 10: 37-60.
- DRIVER, R. y EASLEY, J. R. (1978) Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent students. *Studies in Science Education*, 5: 61-84.
- DRIVER, R. y OLDHAM, U. (1986) A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science education*, 13: 105-122.
- DROVIN, A. M. (1987) Des images et des sciences. *ASTER*, 4: 1-31.
- DUIT, R. (1990) Students' conceptual frameworks, consequences for teaching science. En S. Glyn y Col. (Eds): *The Psychology of Learning Science*. Erlbaum: Hillsdale.

- DUSCHL, R. A. (1989) Abandoning the scientist legacy of science education. *Science Education*, 72 (1): 51-62.
- DUSLCH, R. y GITOMER, D. (1991) Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *J. of Research in Science Teaching*, 28 (9): 839-858.
- ENGEL, E. M. T. (1982) *The development of understanding of selective concepts of pressure, heat and evolution in pupils aged between 12 and 16 years*. PhD Thesis, University of Leeds.
- ENGEL-CLOUGH, E. y DRIVER, R. (1986) A study of consistency in the use of conceptual frameworks across different task context. *Science Education*, 70 (4): 473-496.
- ENGEL-CLOUGH, E. y DRIVER, R. (1987) How do childrens' scientific ideas change over time?. *School Science Review*, 69 (247): 255-267.
- ENGEL-CLOUGH, E. y WOOD-ROBINSON, C. (1985) How secondary students interpret instances of biological adaptation. *J. of Biological Education*, 19 (2): 125-130.
- GELMAN, R. (1990) First principles organize attention to and learning about relevant data. Number and the animate-inanimate distinction as examples. *Cognition*, 14: 79-106.
- GELLERT, E. (1962) Children's conceptions of the content and function of the human body. *Genetic Psychology Monographs*, 65 :293-405.
- GENTER, D. y STEVENS, A. (Eds.) (1983) *Mental models*. LEA: Hillsdale, N. J.
- GENTNER, D. y GENTNER, D. R. (1983) Flowing waters or teeming crowds: mental models on electricity. En A. Stevens y D. Gentner (Eds), *Mental Models*. LEA: Hillsdale, N.J. pp: 199-130.
- GIL PEREZ, D. y CARRASCOSA, J. (1985) Science learning as a conceptual and methodological change. *European J. of Science Education*, 7 (3): 31-23.
- GILBERT, J. K., WATTS, M. y OSBORNE, J. (1985) Eliciting students views using an interview-about-instances technique. En L. West y L. Pines (Eds), *Cognitive structure and conceptual change*. Academic Press, Inc.: London. pp.: 11-27.
- GILBERT, J. K. y WATS, M. (1983) Concepts, misconceptions and alternative conceptions: chancing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10 , 61-98.
- GILBERT, J., OSBORNE, R. y FENSHAM, P. (1982) Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66 (4): 623-663.
- GILBERT, J. y SWIFT, D. (1985) Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69 (5): 681-696.
- GIORDAN, A. (1986) La construcción histórica y personal del saber. Implicaciones didácticas y curriculares. *Actas IV Jornadas sobre Investigación en la Escuela*. Sevilla. pp.: 13-19.
- GIORDAN, A. (1987) Premodelos et modeles (personells et historiques) a propos du champ conceptuel de respiration. En A. Giordan Y J. L. Martinand *Modeles et Simulations*. Center Jean Franco: Chamonix. pp: 143-149.

- GIORDAN, A. y VECCHI, G. (1988) El saber científico se digiere mal. (La digestión humana). En A. Giordan y G. Vecchi, *Los orígenes del saber*. Diada Editoras: Sevilla. (Edición original francesa de 1987). pp: 24-28.
- GIORDAN, A. y VECCHI, G. (1988) *Los orígenes del saber*. De las concepciones personales a los conceptos científicos. Diada Editoras: Sevilla. (Edición original francesa de 1987)
- GIORDAN, A. y VECCHI, G. (1988) Un ejemplo de tipología de concepciones (sexualidad humana). En *Los orígenes del saber*. Diada Editoras: Sevilla. (Edición original francesa de 1987). pp: 125-139.
- GLASERFELD, E. VON (1987) Learning as a constructive activity. En C. Janvier (Ed.), *Problems of Representation in the Teaching and Learning of Mathematics*. LEA: Hillsdale, N. J. pp: 3-17.
- GOSWAMI, U. (1991) Analogical thinking: What develops? A review of research and theory. *Child Development*, 62: 1-22.
- GROSSLIGHT, L., UNGER, C., JAY, E. y SMITH, C. (1991) Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *J. of Research in Science Teaching* 28 (9): 799-822.
- GUIDONI, P. (1985) On natural thinking. *European J. of Science Education*, 7 (2): 133-140.
- GUTIERREZ, R. (1984) *Piaget y el curriculum de ciencias*. Apuntes N° 34. Ed. Narcea: Madrid.
- GUTIERREZ, R. (1987) El aprendizaje de los conceptos científicos. En, *Elementos didácticos para el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza*. ICE Universidad de Zaragoza. pp.:75-98.
- GUTIERREZ, R. (1987) La investigación en didáctica de las ciencias: elementos para su comprensión. *Bordón*, n° 268: 339-326.
- GUTIERREZ, R. (1990) Aportaciones de la investigación en inteligencia artificial a la investigación didáctica: el modelo mental mecánico de de Kleer y Brown. En, *Aspectos didácticos de la Física y Química*. Col Educación Abierta N° 94. ICE Universidad de Zaragoza. pp: 155-193.
- GUYON, J. (1987) Travail autonome a lycée et elaboration du concept de respiration. *ASTER*, n° 4 :155-177.
- HARMS, N. y YAGER, R. (1981), *What research says to the science teacher*. Vol. 3, NSTA: Whashington, D.C.
- HASHWEH, M. Z. (1986) Towards an explanation of conceptual change. *European J. of Science Education* 8 (3): 229-250.
- HASLAM, F. y TREAGUST, D. (1987) Diagnosing secondary students' misconceptions of photosynthesis using a two-tier multiple choice instrument. *J. of Biological Education*, 21 (3): 203-211.
- HEAD, J. (1986) Research into "alternative frameworks": promise and problems. *Research in science and Technology Education*, 4 (2): 203-211.
- HERNANDEZ, D. F. (1981) The concept of health and environment: two case studies. *Monograph* N° 19. Science Education Center, University of Philippines: Diliman, Quezon City.

- HEWSON, P. W. (1981) A conceptual change approach. *European J. of Science Education* 3 (4): 383-396.
- HEWSON, P. W., y THORLEY, R. (1989) The conditions of conceptual change in the classrooms. *International J. of Science Education*, 11 (Special Issue): 541-553.
- HODSON, D. (1986) Philosophy of science and science education. *J. of Philosophy of Education*, 20 (2): 215-225.
- HODSON, D. (1988) Toward a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72 (1): 19-40.
- INHELDER, B. y PIAGET, J. (1972) *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Paidós: Buenos Aires.
- INRP (1976) *Activités d' éveil scientifiques*,. IV Initiation Biologique. ENRP: Paris.
- JIMENEZ ALEIXANDRE, M. P. (1989). *Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid.
- JIMENEZ ALEIXANDRE, P. (1986) Identificación de los esquemas alternativos de los alumnos por los profesores. *Actas IV Jornadas sobre Investigación en la Escuela*. Sevilla. pp: 153-155.
- JIMENEZ, M. P. y FERNANDEZ, J. (1986) Selection or adjustment?. Explanations of university students for natural selection problems. En J. Novak (Ed) *Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Vol II Cornell University. Ithaca: New York.
- JOHNSON, C. y WELLMAN, H. (1983) Children's conceptions of the mind and brain. *Child Development*, 53 : 222-234.
- JOHNSON, N. (1983) *Elicitation and representation of children's arithmetic knowledge*. PhD Thesis. Chelsea College, University of London.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. (1983) *Mental Models* . Cambridge University Press: Cambridge.
- JUNGWIRTH, E. (1988) The associative field as a diagnostic instrument in assessing the breadth of multi-contextual concepts: the concept of "development". *International J. of Science Education*, 10 (5): 571-579.
- KARGBO, D. B., HOBBS, E. D. y ERIKSON, G. (1980) Children's beliefs about inherited characteristics. *J. of Biological Education*, 14: 137-146.
- KELLY, G. A. (1955) *The Psychology of Personal Constructs*. W. W. Norton & Co. : New York.
- KILPATRICK, J. (1987) What constructivism might be in mathematical education. *Proceedings of the 11th International Conference on the Psychology of Mathematical Education*. Montreal. Vol. 1: 3-27.
- KUNISTINA, V. N. (1968) Body functions. *Voprosky Psikhologii*, 14 (1): 90-99.
- LALANE, J. (1985) La développement de la pensée scientifique (orientation biologique) chez les enfants de 6 à 14 ans. *ASTER N° 1*: 155-170.
- LAUDAN, L. (1984) *Science and Values*. University of California Press: London.

- LAWSON, A. (1988) The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa? *J. of Research in Science Teaching*, 25 (3): 185-199.
- LAWSON, E., REICHERT, E., COSTENSON, K., FEDOCK, D. y LITZ, K. (1989) Advancing research beyond the ruling theory stage. *J. of research in Science Teaching*, 26 (8): 679-686.
- LERMAN, S. (1989) Constructivism, mathematics and education. *Educational Studies in mathematics*, 20: 211-233.
- LIU YEWE, M. (1983) Representations des enfants de 9-10 ans (reproduction). En *Quelques types de Research*, pp: 461-470.
- LYTHCOTT, J. y DUSCHL, R. (1990) Qualitative research: from methods to conclusions. *Science Education*, 74 (4): 445-460.
- MEC (1989) *Diseño Curricular Base*. Publicaciones del MEC: Madrid.
- MENDEZ, M., CANAY, A. y GAGLIARDI, R. (1986) La digestion telle que se la représentent les élèves de 15 et 16 ans. *Actas VIII JES*. Chamonix. pp: 209-213.
- MERRIL, M.D. (1973) Content and instructional analysis for cognitive transfer tasks. *AV Communication Review*, 21 (1): 109-125.
- MERRIL, M. D. (1983) Component Display Theory. En C. M. Reigeluth (Ed) *Instructional Design: Theories and Models*. LEA: London.
- MINTZES, J. J. (1984) Naive theories in Biology: children's concepts of the human body. *School Science and Mathematics*, 84 (7): 548-555.
- MINTZES, J. J. (1989) The acquisition of biological knowledge during childhood: an alternative conception. *J. of Research in Science Teaching*, 26 (9): 823-824.
- MONN, A. (1987) Pictures of health. *Nursing Times Jan.*: 49-50.
- NAGY, M. H. (1953) Children's conceptions of some bodily functions. *J. Genetic Psychology*, 83 :199-216.
- NORMAN, D. D. (1983) Some observations on mental models. En A. Stevens y D. Gentner (Eds), *Mental Models*. LEA: London. pp: 7-14.
- NOVAK, J. D. (1981) Applying learning psychology and philosophy of science to biology teaching. *American Biology Teacher*, 43 (1): 12-20.
- NOVAK, J. D. (1983) Can meta-learning and meta-knowledge strategies to help students learn how to learn serve as a basis for overcoming misconceptions?. *Proceedings of the seminar Misconceptions in science and Mathematics*. Cornell University: Ithaca, N.Y. pp:118-130.
- NOVAK, J. D. y GOWING, D. B. (1984) *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- NOVAK, J. y HELM, H. (1983) *Misconceptions in Science and Mathematics*. 1st. International Seminar. Cornell University, Ithaca, New York.
- NUSSBAUM, J. (1989) Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International J. of Science Education*, 11 (4): 530-540.
- NUSSBAUM, J. y NOVICK, S. (1982) Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11(3): 183-200.

- OGBORN, J. (1985) Understanding students understandings: an example from dynamics. *European J. of Science Education*, 7 (2): 141-150.
- OGBORN, J. y JOHNSON, L. (1984). Conversation theory. *Kibernetes*, 13 : 7-16.
- OSBORNE, R. J. y GILBERT, J. K. (1980) A method for investigating concept understanding in science. *European J. of Science Education*, 2 (3): 311-321.
- OSBORNE, R. y COSGROVE, M. (1983) children's conceptions of the changes of state of water. *J. of Research in Science Teaching*, 20 (9): 825-838.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985) *Learning in Science*. Heineman: London. (Traducción española Narcea: Madrid. 1991)
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1985) Roles for the science teacher. En R. Osborne y P. Freyberg (Eds). *Learning in Science*. Heinemann: London. pp: 91-99.
- OSBORNE, R. y TASKER, R. (1985) Introducing children's ideas to teachers. En R. Osborne y P. Freyberg (Eds), *Learning in Science*. Heinemann: London
- PACAUD, M. (1991) Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration. *ASTER* 13: 35-58.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (1989) *Bibliography. Students alternative frameworks and science education*. 2nd. Edition. IPN, Universität Kiel.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (1991) *Bibliography. Students alternative frameworks and science education*. 3rd. Edition. IPN, Universität Kiel.
- PIAGET, J. (1978) *La representación del mundo en el niño*. (4ª edición). Morata: Madrid
- PINES, A. L. y WEST, L. H. (1986) Conceptual understanding and science learning: an interpretation of research within a sources-of-knowledge framework. *Science Education*, 70 (5): 583-604.
- POPE, M. L. (1986) La psicología de los constructos personales y la investigación e innovación curricular. *Actas de las IV Jornadas de Estudio sobre Investigación en la Escuela*. Sevilla. pp: 29-38.
- POPE, M. L. y KEEN, T. R. (1981) *Personal construct psychology and education*. Academic Press: London.
- POPE, M. y GILBERT, J. (1983) Personal experience and the construction of knowledge in science. *Science Education*, 67 (2): 193-203.
- PORTER, C. S. (1974) Grade school children's perceptions of internal body parts. *Nursing Research*, 23: 384-391
- POSNER, G. P., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. y GERTZOG, W. (1982) Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66 (2): 211-227.
- POSNER, J. G. y GERTZOG, W. (1982) The clinical interview and the measurement of conceptual change. *Science Education*, 66 (2): 195-209
- POZO, J. I. (1989) *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata: Madrid
- PREECE, P. F. (1984) Intuitive science: learned or triggered?. *European J. of Science Education*, 6 (1): 7-10.

- PROUT, A. (1985) Science, health and everyday knowledge: a case study about the common cold. *European J. of Science Education*, 7 (4): 399-406.
- QUIGGIN, V. (1977) Children's knowledge of their internal body parts. *Nursing Times*, July 28: 1146-1151.
- RAY, C. (1991) Breaking free from dogma: philosophical prejudice and science education. *Science Education*, 75 (1): 87-93.
- REIF, F. y LARKIN, J. (1991) Cognition in scientific and every day domains: comparison and learning implications. *J. of Research in Science Teaching*, 28 (9): 733-760.
- REIGELUTH, C. M. (1983) Meaningfulness and instruction: relating what is being learned to what a student knows. *Instructional Science*, 12 (3): 197-218.
- REIGELUTH, C.M. (1987) Lesson blueprints based on the Elaboration Theory of instruction. En C. M. Reigeluth (Ed). *Instructional Theories in Action*. LEA: Hillsdale, N.J. pp:245-288.
- REIGELUTH C. M., MERRILL, M. D. y BUNDERSON, C. V. (1978) The structure of subject matter content and its instructional design implications. *Instructional Science*, 7: 107-126.
- REIGELUTH, M. C. y STEIN, F. S. (1983) The Elaboration Theory of Instruction. En C. M. Reigeluth (Ed), *Instructional Design: Theories and Models*. LEA: London.
- RICE, P. y GUNSTONE, R. F. (1986) Health and sickness causation and the influence of Thai culture among Thai school children. *Research in Science Education*, 16: 63-72.
- RIST, R. (1982) On the application of ethnographic inquiry to education: procedures and possibilities. *J. Research in Science Teaching*, 19 (6): 439-450.
- ROBERTS, D. (1982) The place of qualitative research in science education. *J. Research in Science Teaching*, 19 (4): 227-291.
- RUMELHARD, G. (1985) Quelques représentations à propos de la photosynthèse. *ASTER*, N° 1: 37-66.
- RUMELHART, D. E. y NORMAN, D. (1981) Analogical processes in learning. En J. R. Anderson (Ed) *Cognitive Skills and their Acquisition*. LEA: Hillsdale. pp: 335-359.
- RUMELHART, D. E. y NORMAN, D. (1987) Accretion, tuning and restructuring: three modes of learning. En R. L. Klatzky y J. W. Cotton (Eds), *Semantic factors in cognition*. LEA: Hillsdale, N.J.. pp: 37-53.
- RYMAN, D. (1974) Children's understanding of the classification of living organisms. *J. of Biological Education*, 8 (3): 140-144.
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L. (1988) ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2): 137-144.
- SANMARTI, N. (1989) *Dificultats en la comprensió de la diferenciació entre els conceptes de mescla i compost*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- SAUVAGEOT-SKIBINE, M. (1991) La digestion au collège: transformation physique ou chimique?. *ASTER*, 13: 93-110.

- SCHAEFER, G. (1979) Concept formation in biology. The concept of "growth". *European J. of Science Education*, 1 (1): 87-101.
- SCHAEFER, G. (1983) The concept triangle energy-information-order in the heads of our students. *Entropy in the school*, 1: 56-86.
- SCHILDER, P. y WESCHLER, D. (1935) What do children know about the interior of the body? *International J. of Psychoanalysis*, 16: 335-360.
- SERRANO, T. (1987) Los marcos alternativos de los alumnos: un nuevo enfoque de la investigación sobre el aprendizaje de las ciencias. *Bordon*, N° 268: 363-386.
- SERRANO, T. (1988) Condicionantes del aprendizaje de las ciencias: las ideas de los alumnos. En B. Marco, y otros, *La enseñanza de las ciencias experimentales*. Narcea: Madrid, pp: 106-128.
- SERRANO, T. (1988) Reconstruir las ideas de los alumnos. Representaciones sobre el sistema nervioso al finalizar la EGB. *Investigación en la Escuela*, N° 6: 95-108.
- SHAVELSON, R. J. y GEESLIN, W. E. (1975) A method for examining subject matter structure in instructional material. *Journal of Instructional Learning*, 4: 199-218.
- SHUELL, T. (1985) Knowledge representation, cognitive structure and school learning: a historical perspective. En L. West y L. Pines (Eds), *Cognitive structure and conceptual change*. Academic Press: London. pp.: 17-130.
- SIMPSON, M. y ARNOLD, B. (1982) The inappropriate use of subsumers in biology learning. *European J. of Science Education*, 4 (2): 173-182.
- SMITH, B. O. (1971) Un concepto de Enseñanza. En B. Smith y Ennis (Eds), *Lenguaje y Conceptos en la Educación*. Ateneo: Buenos Aires.
- SMITH, C., CAREY, S. y WISER, M. (1985) On differentiation: a case study of the development of the concepts of size, weight and density. *Cognition*, 21 (3): 177-237.
- SMITH, E. y ANDERSON, C. (1984) Plants as producers: a case study of elementary science teaching. *European J. of Science Education*, 21 (7): 685-698.
- STAVY, R., EISEN, Y. y YAACOB, D. (1987) How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International J. of Science Education*, 9 (1): 105-115.
- STEAD, B. F. y OSBORNE, R. J. (1980) Exploring science students' concepts of light. *Australian Science Teacher J.*, 26 (3): 84-90.
- STEFFLE, L. (1990) Overview of the Action Group A1: Early Childhood Years. En L. Steffle y T. Wood (Eds.) *Transforming Early Childhood Mathematics Education: an International Perspective*. LEA: Hillsdale.
- STEPANS, J. (1985) Biology in elementary schools: children's conceptions of "life". *American Biology Teacher*, 74 (4): 222-225.
- STEWART, J. H. (1979) Content and cognitive structure: a critique of assessment and representation techniques used by educational researchers. *Science Education*, 63: 395-405.
- STEWART, J. H. (1980) Techniques for assessing and representing information in cognitive structure. *Science Education*, 64 (2): 223-235.
- STUART, H. A. (1983) *Studies in cognitive structure: exploring secondary school pupils' understanding of genetics*. PhD Thesis. Chelsea College. University of London.

- SUTTON, C. R. (1980) The learner's prior knowledge: a critical review of techniques for probing its organization. *European J. of Science Education*, 2 (2): 107-120.
- TAIT, C. D. y ASCHER, R. C. (1955) Inside-the-body-test: a preliminary report. *Psychosomatic Medicine*, 17 (2): 139-148.
- TREAGUST, D. F. (1988) Development and use of diagnostic test to evaluate students' misconceptions in science. *International J. of Science Education*, 10 (2): 159-169.
- TROWBRIDGE, J. y MINTZES, J. (1988) Alternative conceptions in animal classification: a cross-age study. *J. of Research in Science Teaching*, 25 (7): 547-571.
- VEZING, L. (1986) Les illustrations et leur rôle dans l'apprentissage des textes. *Enfance*, 1: 109-126.
- VIENNOT, L. (1978) *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Tesis Doctoral. Universidad de Paris VII.
- VIENNOT, L. (1985) Analyzing students' reasoning in science: a pragmatic view of theoretical problems. *European J. of Science Education*, 7 (2): 151-162.
- VILLAVICENCIO, R. R. (1981) The concept of health: a preliminary investigation among secondary school students in the Philippines. *Monograph N° 19*. Science Education Center, University of Philippines: Diliman, Quezon City.
- VOSNIADOU, S. (1989) Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: a developmental perspective. En S. Vosniadou y A. Ortony (Eds), *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge University Press: Cambridge. pp: 413-422.
- VOSNIADOU, S. y BREWER, W. F. (1987) Theories of knowledge restructuring in development. *J. of Educational Research*, 57 (1): 51-67.
- VOSNIADOU, S. y BREWER, W. F. (1989) *Mental models of the Earth: a study of conceptual change in childhood*. Center for the Study of Reading. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- VUALA, J. (1991) Le rôle d'un dessin animé dans l'évolution des conceptions d'élèves sur la respiration. *ASTER*, 13: 7-33.
- WANDERSEE, J. (1983) Student's misconceptions about photosynthesis: a cross-age study. En J. D. Novak (Ed), *1st. International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Cornell University: Ithaca, New York. pp: 459-484.
- WANDERSEE, J. H. (1986) Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions?. *J. of Research in Science Teaching*, 23 (7): 581-597.
- WANDERSEE, J. M., MINTZES, J. J. y ARNAUDIN, M. (1987) Children's biology: a content analysis of conceptual development in the life sciences. En J. D. Novak (Ed) *11nd. International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University: Ithaca, New York. pp: 523-534.
- WATTS, M. (1983) Using networks to represent pupils' meaning for concepts of force and energy. En J. Bliss et al., *Qualitative Data Analysis for Educational Research*. Croom Helm: London.
- WAWKINS, J. y PEA, R. D. (1987) Tools for bridging the cultures of everyday and scientific thinking. *J. or Research in Science Teaching*, 24 (4): 291-307.

- WEATLEY, G. H. (1991) Constructivist perspective on science and mathematics education. *Science Education*, 75 (1): 9-21.
- WELLCH, W. (1983) Experimental enquiry and naturalistic enquiry; an evaluation. *J. of Research in Science Teaching*, 20 (2): 95-103.
- WERNER, H. (1947) The concept of development from a comparative and organismic point of view. En D. B. Harris (Ed.) *The Concept of Development*. University of Minnesota Press: Minneapolis.
- WEST, L. M. y PINES, A. L. (1983) How "rational" is rationality? *Science Education*, 67 (1): 37-39.
- WEST, L. y PINES, L. (Eds), (1985) *Cognitive structure and conceptual change*, Academic Press, Inc.: London.
- WHITE, C. W., ALBANESE, M. A., ANDERSON, E. E. y CAPLAN, R. M. (1977) The status of cardiovascular health knowledge among sixth, seventh, and eighth grade children. *Circulation*, 56 (3): 480-484.
- WHITE, R. T. (1998) *Learning science*. Basil Blackwell: Oxford
- WILLIAMS, H. D., HOLLAND, J. D. y STEVENS, A. L. (1983) Human reasoning about a simple physical system. En A. Stevens y D. Gentner, *Mental Models*. LEA: London. pp: 131-153.
- WISER, M. y CAREY, S. (1983) When heat and temperature were one. En A. Stevens y D. Gentner (Eds), *Mental Models*. LEA: London. pp: 267-297.
- WITTROCK, M. C. (1974) Learning as a generative process. *Educational Psychology* 11: 87-95.
- YAGER, R. (1981) Prologue. En N. Harms y R. Yager (Eds.) *What Research Says to the Science Teacher*, Vol 3. NSTA: Washington.

ANEXOS

A.- INSTRUMENTOS PARA LA RECOGIDA DE DATOS III

I.- Preescolar y 3º de EGB.....	III
• Dibujos y entrevista sobre el interior del cuerpo	III
• Entrevista-sobre-situaciones	IV
• Entrevista-sobre-ejemplos (3º de EGB).....	VI
II.- Séptimo y octavo de EGB	VIII
• Entrevista-sobre-situaciones	VIII
• Entrevista-sobre-ejemplos	IX
• Dibujos sobre el interior del cuerpo	XI
III.- Instrucción: entrevista a las profesoras	XIII

B.- EJEMPLOS DE ENTREVISTAS Y DIBUJOS. PASO A LOS RELATOS BREVES. PARADIGMAS CORRESPONDIENTES EN LAS REDES XIV

ENTREVISTA DEL NIÑO Nº 24 (Preescolar).....	XIV
I.- Transcripción de la entrevista.....	XIV
II.- Paso de la entrevista Nº 24 a los relatos breves	XVII
III.- Paradigmas del alumno Nº 24 en las redes de preescolar.....	XVIII
ENTREVISTA DEL NIÑO Nº 24 (3º EGB: fin de curso).....	XX
I.- Transcripción de la entrevista.....	XX
II.- Paso de la entrevista nº 24 a los relatos breves	XXIII
III.- Paradigmas del alumno Nº 24 en las redes de 3º de EGB	XXV
ENTREVISTA ALUMNO Nº 15 (7º EGB: pre-instrucción).....	XXVII
I.- Transcripción de la entrevista	XXVII
II.- De la entrevista a los relatos breves.....	XXXII
III.- Paradigmas del alumno Nº 15 en las redes pre-instrucción	XXXIII

A.- INSTRUMENTOS PARA LA RECOGIDA DE DATOS

I.- Preescolar y 3º de EGB

• Dibujos y entrevista sobre el interior del cuerpo

Para que realizaran los dibujos, se entregó a cada niño/a una de las siluetas que se reproducen en la página siguiente.

En preescolar se les dijo que pusieran su nombre en la hoja. A continuación se les pidió que cerraran los ojos, porque íbamos a hacer un viaje por el interior del cuerpo. Se les motivó así: "Vamos a empezar por la cabeza; imagínate que estás dentro de tu cabeza; ¿qué cosas puedes ver dentro de tu cabeza?. Ahora bajamos por los brazos; ¿qué tienes dentro de los brazos?; ahora, por dentro del cuello bajamos hasta la cintura; ¿qué cosas encuentras en el camino?", etc. Al terminar se les pidió que dibujaran, en la silueta que cada uno tenía, todo lo que habían encontrado en el viaje por el interior de su cuerpo.

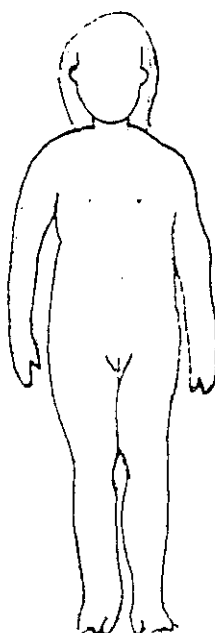
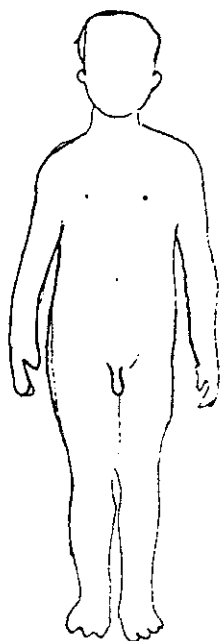
En tercero se les pidió que pusieran nombre a todo lo que dibujaran, uniendo cada cosa dibujada con su nombre mediante una flecha.

Tanto en preescolar como en 3º, fueron entrevistados unos días más tarde para que explicaran sus dibujos. El esquema básico de la entrevista era:

- *(señalando cada cosa dibujada en la silueta)* ¿Qué es esto que has dibujado aquí?.
- (El entrevistador iba poniendo en el dibujo lo que el niño o la niña contestaba en el caso de los preescolares)*
- *(señalando cada cosa dibujada)* ¿Para qué crees que necesitamos *(nombre dado al elemento dibujado)* en el cuerpo?
- *(señalando cada cosa dibujada)* ¿Sabes de qué está hecho?

Al terminar la parte de la entrevista sobre el cuerpo, se instaba a los niños a recordar más cosas del interior del mismo. Si no habían mencionado el cerebro y/o los nervios, se indagaba sobre ellos de modo directo, en relación a su localización, a su actividad en el cuerpo, de qué están hechos, etc.

Siluetas para los dibujos de los niños



• Entrevista-sobre-situaciones

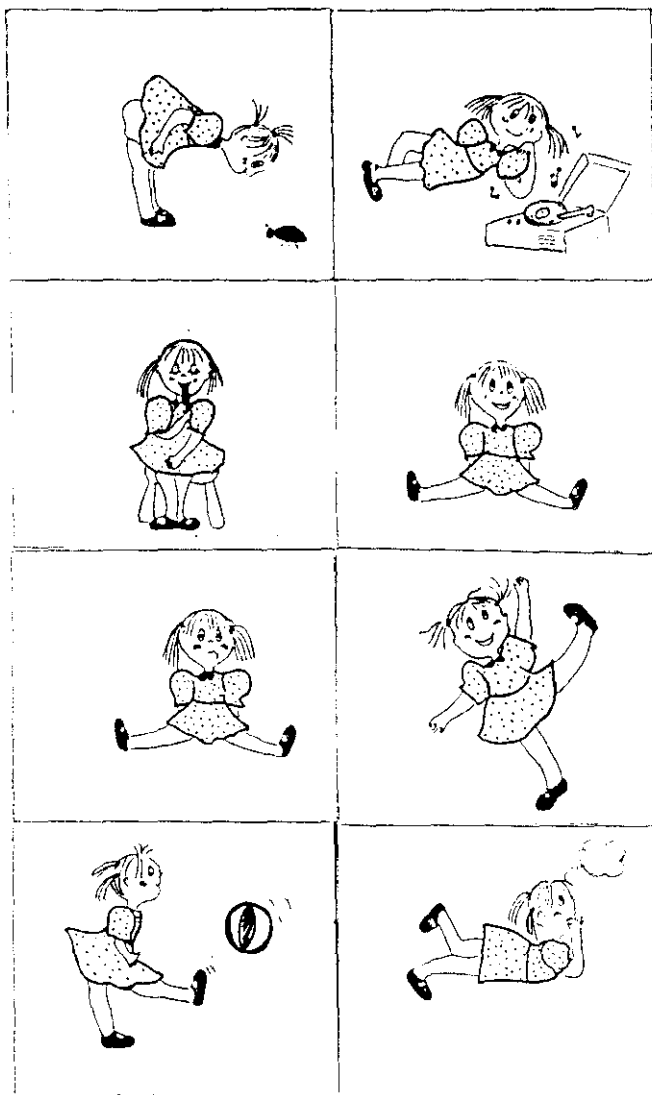
Se utilizan como mediadores las tarjetas que se reproducen en la página siguiente. La entrevista era semi-estructurada y el esquema básico es:

Entrevistador- ¿Qué hace la niña que ves en este dibujo?

A partir de la respuesta se indagaba, siguiendo las respuestas de los niños, en dos direcciones:

- ¿Por qué la niña, o tú, puedes (acción señalada) ?
- ¿Me sabrías explicar cómo funciona el cuerpo (o la parte indicada) para poder (acción señalada) ?

Tarjetas para la entrevista-sobre-situaciones (preescolar y 3º de EGB)



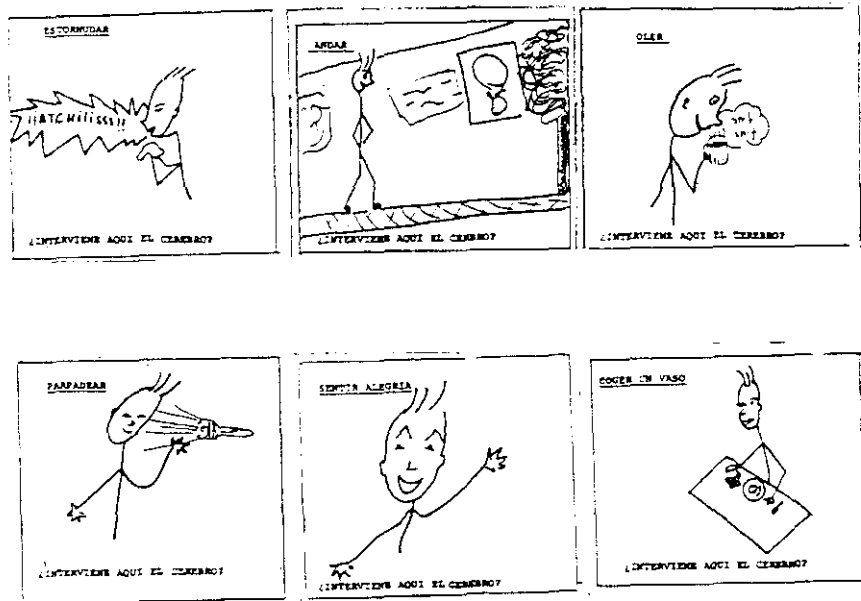
• Entrevista-sobre-ejemplos (3º de EGB)

Los ejemplos estaban representados en 12 tarjetas. Cada una, además del dibujo, lleva el nombre de una actividad corporal y la pregunta :

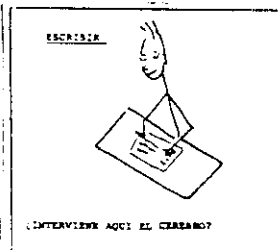
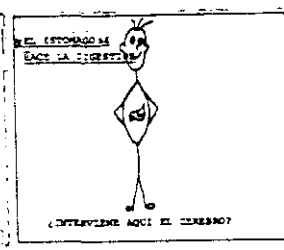
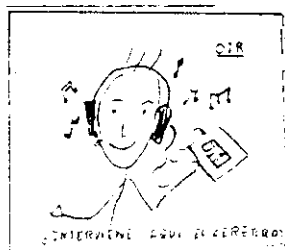
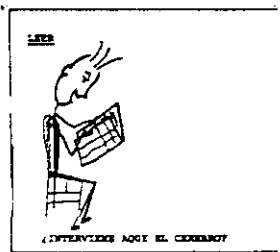
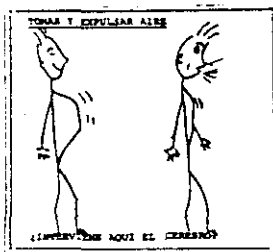
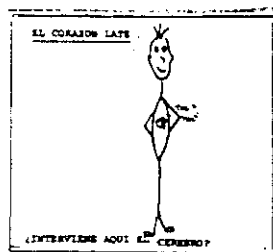
¿INTERVIENE AQUI EL CEREBRO?

Las tarjetas se le presentan una a una. Una vez respondida la pregunta se pedía justificar brevemente por qué se creía eso.

Tarjetas para la entrevista-sobre-ejemplos (3º EGB)



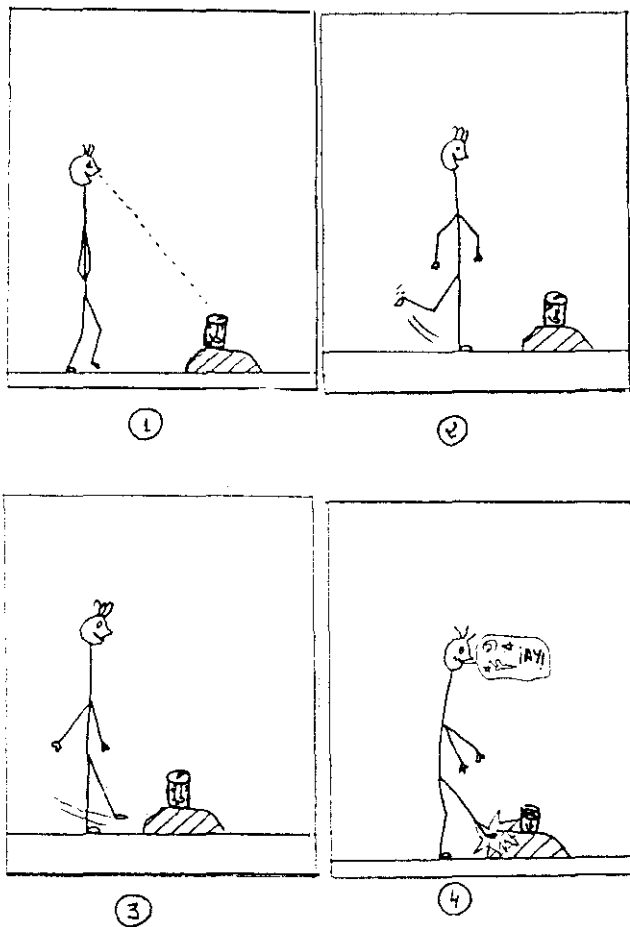
Tarjetas para la entrevista sobre ejemplos (continuación)



II.- Séptimo y octavo de EGB

• Entrevista-sobre-situaciones

Estuvo mediada por las cuatro tarjetas que se reproducen a continuación.



Las cuestiones de esta entrevista semi-estructurada hacían relación, en lo que respecta al SN, tanto a los aspectos fenomenológicos (descriptivo de anatomía y funciones generales), como mecanicistas (funcionamiento). Estos aspectos se abordaban primero a un nivel orgánico (Nivel 1), y también se indagaba si el sujeto era capaz de explicaciones funcionales a nivel celular (Nivel 2).

Se inicia la entrevista pidiendo al alumno que describa las cuatro viñetas. Se le propone a continuación centrarse en cada una de las viñetas, y se le pregunta: ¿por qué puede ese chaval _____ (ver el bote, mover la pierna hacia atrás, hacia adelante, sentir dolor) ? A partir de su respuesta, y siguiendo siempre el discurso del sujeto, se indagan aspectos fenomenológicos y los relativos a mecanismos de funcionamiento a dos niveles:

1º Nivel 1

- qué partes del cuerpo intervienen en esa acción
- cómo se relacionan topológicamente esas partes
- qué tarea cumple cada parte
- cómo son esas partes que intervienen
- cómo se desenvuelve la acción completa
- etc.

2º Nivel 2

- naturaleza de las partes que intervienen
- naturaleza de las informaciones que se transmiten
- mecanismos de transmisión de la información
- etc.

Si durante esta parte de la entrevista no han quedado suficientemente explicitadas las ideas del sujeto sobre el cerebro, los nervios y el SN, se le cuestiona de nuevo sobre estos elementos en directo, desde las perspectivas y niveles señalados.

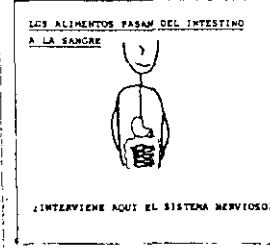
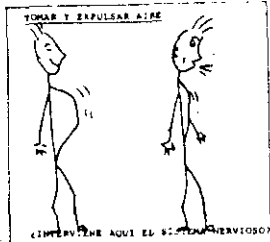
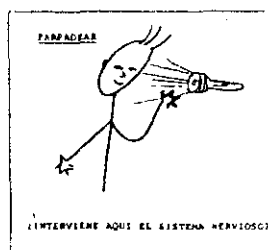
• Entrevista-sobre-ejemplos

Tiene el mismo esquema que el descrito para 3º de EGB. Se le presentan al alumno, de una en una, las 12 tarjetas de la página siguiente. Aquí la pregunta en cada tarjeta es:

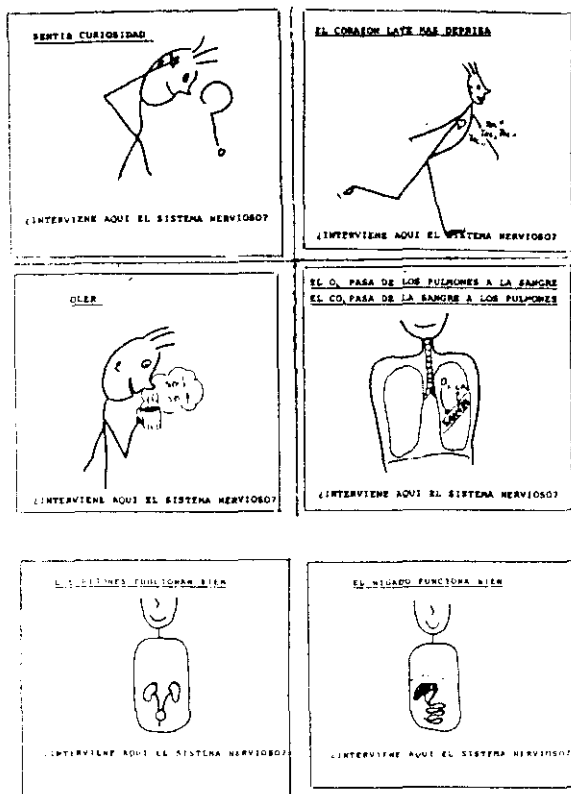
¿INTERVIENE AQUI EL SISTEMA NERVIOSO?

Se pide a cada alumno que justifique brevemente su respuesta, y se tiene en cuenta qué entiende el alumno por SN. Si su modelo de SN se refiere al tipo de los que denominamos "especial", se indaga por la intervención del cerebro y otras estructuras en la acción representada en cada tarjeta.

Tarjetas para la entrevista-sobre-ejemplos (7º y 8º de EGB)



Tarjetas para la entrevista-sobre-ejemplos (continuación)



• Dibujos sobre el interior del cuerpo

Para que realizaran los dibujos solicitados, se les entregó a los alumnos de los dos cursos de 8º (uno de cada centro) el formato que se reproduce en esta página.

Vas a DIBUJAR cosas que conoces del interior del cuerpo humano en estas siluetas.

En la silueta ① dibuja lo que sabes de los aparatos DIGESTIVO, CIRCULATORIO Y EXCRETOR.
EN la silueta ② dibuja lo que sabes del aparato RESPIRATORIO, del SISTEMA NERVIOSO y del aparato REPRODUCTOR.

DIBUJA CON CLARIDAD Y PON EL NOMBRE A LO QUE DIBUJES ESCRIBIÉNDOLO FUERA DE LA SILUETA Y UNIÉNDOLO CON UNA FLECHA.

NOMBRE _____



III.- Instrucción: entrevista a las profesoras

La entrevista a las dos profesoras de ciencias de 8º de EGB gira en torno a las siguientes cuestiones:

- Contexto temático en el que aparece el SN;
- Métodos: - cómo se introdujo el tema a los alumnos;
 - qué tipos de actividades de aprendizaje se les proponen;
- Objetivos: - ¿son conscientes de que es la 1ª vez que se plantea el SN a los alumnos de modo formal?;
 - cuáles son, a su juicio, los contenidos centrales del tema del SN;
- Evaluación: - cómo se evalúa el tema del SN;
 - dificultades percibidas en el aprendizaje del tema;
- Cambios: qué modificaciones introducirían en el tema del SN.

B.- EJEMPLOS DE ENTREVISTAS Y DIBUJOS. PASO A LOS RELATOS BREVES. PARADIGMAS CORRESPONDIENTES EN LAS REDES

Hay una primera parte, en todas las entrevistas, que no se registra en cinta. Son unos minutos dedicados a decirle al niño que estamos interesados en conocer cómo él entiende que puede funcionar el cuerpo humano, para poder realizar una serie de cosas que hace normalmente. Se le insiste en que no se trata de preguntarle ninguna lección, aunque puede utilizar para contestar todo lo que sabe: se le indica que lo que nos interesa son sus ideas, sus explicaciones, de cómo él/ella cree que las cosas ocurren en el cuerpo.

Se le explica que vamos a utilizar unos dibujos; y se le pregunta si no le importa que grabemos la conversación, para que no se nos olvide lo que nos cuenta.

Se señalan en cursiva las partes internas del cuerpo que nombran los niños; una palabra en negrita indica el cambio de acción corporal en la conversación. Los puntos suspensivos (.....) indican silencios en la conversación; si la longitud el tramo de puntos es corta (...), representa una pausa breve; si es mayor significan periodos de silencio más largos.

ENTREVISTA DEL NIÑO N° 24 PREESCOLAR

I.- Transcripción de la entrevista

(Entrevista sobre el cuerpo)

E.- A ver Nacho, este es el dibujo que tú hiciste de las cosas que tenemos en el cuerpo. Ahora me lo vas a explicar. ¿vale?

A.- Sí

E.- ¿Qué es esto que dibujaste aquí?

A.- Es la frente

E.- La frente. Y, esto de aquí, ¿es algo diferente?

A.- No. Esto es la cabeza y esto es la frente

E.- Y la frente, ¿de qué está hecha?

A.- De... eh... no me acuerdo

E.- No sabes. Y ¿esta parte de la cabeza?

A.- De *huesos*

E.- Entonces sí que lo sabes. Dime una cosa, ¿para qué es la frente?

A.- Para... para... no lo sé

E.- Bueno, ¿y esto?

A.- Son los *ojos*

E.- Los ojos. Y, ¿para qué son?

A.- Para ver

E.- Para ver. Y, ¿de qué están hechos?

A.- De puntos

E.- ¿De puntos?

A.- De puntos de lápiz

E.- ¡Ah! Eso es con lo que los has dibujado; digo los ojos de verdad

A.-

E.- No sabes, bueno. ¿Y esto?

A.- Las *orejas*, el *agujero*

E.- ¡Ah! El agujero de las orejas... Y, ¿para qué es ese agujero?

A.- Para... para... quitarse lo que tienes dentro de la oreja

E.- Ya. ¿Y esto?

A.- Es la *boca* para masticar

E.- ¿Para algo más?

A.- Para tragar

- E.- Y, ¿esto que has puesto aquí?
 A.- Esto es el cuello, el cuello
 E.- Muy bien. Y el cuello, ¿para qué es?
 A.- Para poder mover la cabeza
 E.- ¿Y esto?
 A.- Es el *corazón*, es que me ha salido mal
 E.- ¿Y esta raya que baja para abajo donde el corazón?
 A.- Es lo que sujeta el corazón para que no se caiga
 E.- ¡AAAh! Esto es el corazón y esto lo que lo sujeta. Y dime, el corazón, ¿para qué es?
 A.- Para que vivas
 E.- Y, ¿de qué está hecho?
 A.- De lápiz
 E.- Eso es el dibujo, yo te pregunto por el corazón de verdad
 A.- No lo ha hecho nadie, lo ha hecho Dios
 E.- Pero ¿de qué está hecho?
 A.- De... de cosas
 E.- De cosas. Vamos a ver, ¿esto que has dibujado por aquí?
 A.- Es la tripa
 E.- Y, ¿para qué es la tripa?
 A.- Para... para mover el cuerpo
 E.- ¿Y de qué es?
 A.- De huesos
 E.- La tripa es de huesos. ¿Y esto cerca de las manos?
 A.- Las *venas*
 E.- Las venas, ¿para qué son?
 A.- Para... para... para mover también
 E.- Y, ¿de qué están hechas las venas?
 A.- De... de... no sé, son para la *sangre*
 E.- Para la sangre. y... ¿hay más sangre en el cuerpo?
 A.- En el corazón
 E.- También hay sangre en el corazón... Y la sangre ¿para qué es?
 A.- Para... no sé para qué es
 E.- Vale, ¿Y esto que has dibujado en las piernas?
 A.- Son las *rodillas*
 E.- Las rodillas, ¿para que son?
 A.- Para mover las piernas
 E.- ¿Y de qué son?
 A.- De huesos también
 E.- Oye Nacho, ¿alguna cosa más que te hayas acordado ahora que hay dentro del cuerpo?
 A.- No
 E.- No te acuerdas. Ahora yo te voy a preguntar otras cosas. ¿Tú has oído hablar del *cerebro*?
 A.- Sí
 E.- ¿Qué sabes del cerebro?
 A.- Que puedes pensar... hacer palabras.....
 E.- ¿Sabes si todas las personas tienen cerebro?
 A.- Sí
 E.- ¿Sabes dónde está el cerebro?
 A.- Sí, en la cabeza
 E.- ¿Y por qué no lo has dibujado?
 A.- Se me ha olvidado
 E.- Pues ponlo, ya sabía yo que algo se te olvidaba
 A.- (dibuja)
 E.- Dices que todos tenemos cerebro... ¿De qué estará hecho el cerebro?
 A.- De..... de carne y huesos también
 E.- Otra cosa, ¿tú has oído hablar de los *nervios*, Nacho?
 A.- Sí
 E.- Y, ¿qué sabes de los nervios?
 A.- Con los nervios te puedes morir
 E.- ¿Sí?... A ver, explícamelo
 A.- Porque si... si te partes las venas, la... esto... se te corta esta cosa (línea que sujeta el corazón) y se te para el corazón y te mueres

XVI

E.- Dime, ¿dónde están los nervios en el cuerpo?

A.- No sé

E.- Y, ¿para que necesitamos los nervios?

A.- No lo sé

E.- ¿Todas las personas tienen nervios?

A.- Sí todas

E.- Y tú, ¿tienes nervios?

A.- También

E.- ¿Cuándo tienes nervios?

A.- ¡¡ Todos los días!!

E.- Todos los días..... ya; pero, ¿ los nervios son una cosa del cuerpo, ... o qué son..... ?

A.- Es cuando estás nervioso por algo.

(Entrevista sobre situaciones)

E.- Vamos a pasar a otra cosa. Te voy a enseñar unos dibujos y hablamos de lo que pasa. ¿vale?.....

Mira este dibujo. ... ¿Qué está haciendo esta niña?

A.- Está oyendo el disco

E.- Está oyendo... ¿Sabes por qué podemos oír cosas?

A.- Porque ... porque hay unos cables que tocan una cosa y se mueve el disco.

E.- Muy bien, eso es por qué suena la música, pero, tú, ¿por qué puedes oír la música?

A.- Porque las orejas, por las orejas se oye

E.- ¡Ah!, ¿y tú sabes cómo?

A.- No, no lo sé

E.- Mira esta niña

A.- Está viendo una mariposa

E.- Viendo una mariposa. ¿Tú sabes por qué podemos ver las cosas?

A.- Porque los ojos uenen ahí una cosa negra que eso es lo que ve

E.- ¡AAh! Muy bien, Y a esta niña, ¿cómo le ves la cara?

A.- Está triste

E.- Triste ... ¿Por qué puede el cuerpo ponerse triste y alegre? ... ¿Cómo hace?

A.- Se sienta y casi se pone a llorar

E.- ¿Por qué nos ponemos tristes y alegres?

A.- Porque algunas veces no nos pegan y no lloramos, y estamos contentos, y cuando nos pegan lloramos

E.- Muy bien... Mira ahora este dibujo

A.- Está pensando

E.- Y, ¿por qué podemos pensar?

A.- Porque tenemos el cerebro

E.- El cerebro ... ¿Cómo hace para pensar.

A.- No sé

E.- ¿Y este dibujo?

A.- Está bailando

E.- Y, ¿por qué podemos mover el cuerpo?

A.- Porque los huesos se mueven

E.- Los huesos se mueven. Mira este dibujo... Para dar esta patada al balón, ¿qué partes del cuerpo necesitamos?

A.- La rodilla y el muslo

E.- ¿Y los huesos que me has dicho antes que se necesitan para mover?

A.- Los huesos también

E.- ¿Y cómo hacen los huesos para mover la pierna?

A.- No lo sé

E.- Muy bien Nacho... ¿Qué hace esta niña?

A.- Tomando un helado

E.- ¿A tí de qué te gustan los helados?

A.- De fresa y de nata

E.- Y dime: ¿cómo te das cuenta si el helado es de fresa o de nata?

A.- Porque se ve que es rosa

E.- Imaginate que yo te pido que cierres los ojos, como la niña del dibujo, y te pongo un poco de helado en la boca: ¿adivinarías de qué es el helado?

A.- Porque..... porque..... sabe a fresa

- E.- ¿Lo sabrías por el sabor que tiene?
 A.- Sí
 E.- ¿Y cómo hace el cuerpo para notar el sabor de las cosas?
 A.- Por la lengua
 E.- Y..... ¿qué hace la lengua?
 A.- Tiene unas cosas para saber.
 E.- Pues muy bien Nacho. Muchas gracias. Sabes muchas cosas.

II.- Paso de la entrevista N° 24 a los relatos breves (preescolar)

(Entrevista sobre el interior del cuerpo)

CIRCULATORIO (Red del Cuadro 8.1)

- DIBUJA (corazón)
 (venas)
 (sangre)
 ES DE (corazón-->cosas)
 (venas--> no sé)
 ES PARA (corazón-->que vivas)
 (venas-->la sangre)
 EXPLICA (Hay sangre en las venas y en el corazón)

LOCOMOTOR (Red del Cuadro 8.2)

- DIBUJA (dice ser huesos: rodilla, frente, tripa)
 ES DE (hueso)
 ES PARA (tripa-->mover)

SISTEMA NERVIOSO (Red del Cuadro 8.4)

- DIBUJA (cerebro [pregunta])
 ES DE (carne y hueso)
 ES PARA (cerebro-->pensar)
 (nervios-->no sé)
 EXPLICA (cerebro-->para pensar, hacer palabras, todos tienen)
 (nervios--> todos tienen; nerviosismo)

(Entrevista sobre situaciones)

RELATO SE REFIERE A/ SENTIDOS

- PODEMOS ver (PORQUE tenemos ojos)
 OCURRE (cosa negra del ojo vé)
 PODEMOS oír (PORQUE hay orejas)
 PODEMOS notar sabor (PORQUE la lengua)
 OCURRE (lengua tiene cosas para saber)

RELATO SE REFIERE A MOVIMIENTO

- PODEMOS movernos (PORQUE los huesos se mueven)

RELATO SE REFIERE A PENSAR

- PODEMOS pensar (PORQUE tenemos cerebro)

RELATO SE REFIERE A SENTIMIENTOS

- PODEMOS estar tristes y alegres (PORQUE circunstancias)

III.- Paradigmas del alumno N°24 en las redes de preescolar

EL CONTENIDO DEL CUERPO

CIRCULATORIO (Red Cuadro 8.1)

(COMPONENTES DIBUJADOS (CORAZON)

(VENAS))

(NATURALEZA (CORAZON (MATERIAL (GENERICA)))

(VENAS (NO SABE))

(FUNCION (CORAZON (GENERICA))

(VENAS (OTRAS {perceptible, circular sangre}))

LOCOMOTOR (Red Cuadro 8.2)

(COMPONENTES DIBUJADOS (HUESOS (ESPECIFICOS {rodilla, frente, "tripa"})))

(NATURALEZA (HUESOS (MATERIAL (GENERICA)))

(FUNCION (HUESOS (OTRAS {ACCION PERCEPTIBLE {mover}})))

SISTEMA NERVIOSO (Red Cuadro 8.4)

(INICIO COMENTARIO (CEREBRO (PREGUNTA))

(NERVIOS (PREGUNTA)))

LOCALIZACION (CEREBRO (CABEZA)

(NERVIOS (NO SABE))

(NATURALEZA (CEREBRO (MATERIAL (GENERICA)))

(NERVIOS (NO MATERIAL {estado emocional})))

(FUNCION (CEREBRO (OTRA (PENSAR)))

(NERVIOS (NO SABE))

(ATRIBUCION (CEREBRO (TODA PERSONA))

(NERVIOS (TODAS))

LA ACTIVIDAD CORPORAL

ACTIVIDAD SENSORIAL (Red Cuadro 8.5)

(AGENTES ACCION (PARTE CORPORAL (ORGANOS SENTIDO) (CEREBRO { en 3 sentidos})))

(MECANISMO (NO SABE))

MOVIMIENTO (Red Cuadro 8.6)

(AGENTES ACCION (PARTES CORPORALES { huesos}))

(MECANISMO (NO SABE))

SENTIMIENTOS (Red Cuadro 8.7)

(AGENTES ACCION (PSICOLOGICO))

(MECANISMO (NO PROCEDE))

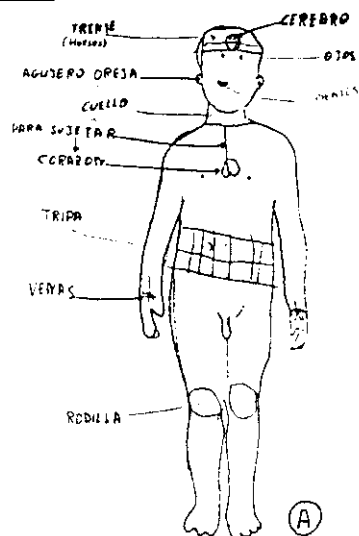
PENSAR (Red Cuadro 8.8)

(AGENTES ACCION (PARTE CORPORAL (CEREBRO)))

(MECANISMO (NO SABE))

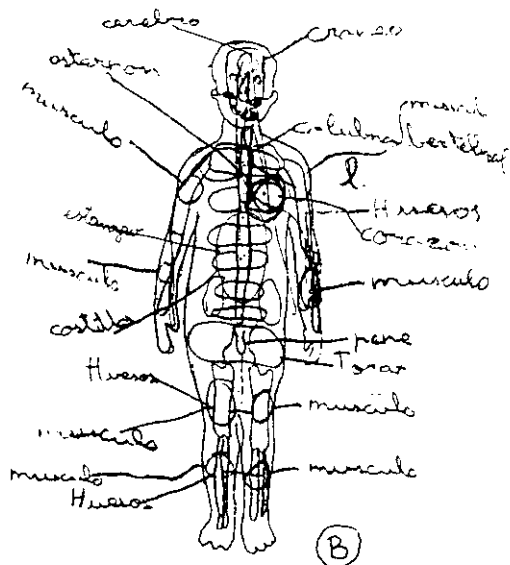
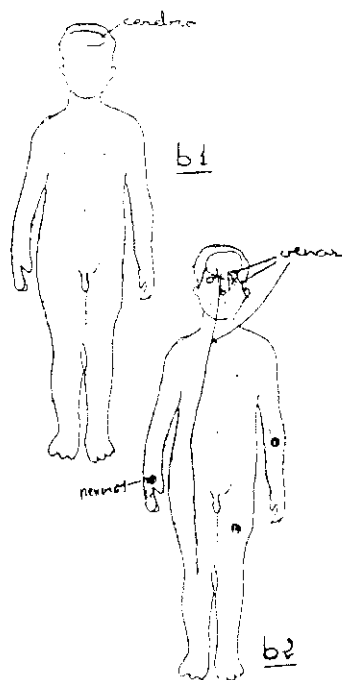
Dibujos del niño N° 24 en preescolar y en 3º de EGB

A- El contenido del interior del cuerpo en preescolar.



B- El contenido del cuerpo humano al final de 3º de EGB

- b1.- Al comienzo de 3º:
cerebro aislado, nervios no tienen entidad material.
- b2.- Al final de 3º:
venas relacionadas con el cerebro, y los nervios.



ENTREVISTA DEL NIÑO N° 24 3º EGB (fin de curso)

I.- Transcripción de la entrevista

(Parte de la entrevista-sobre-situaciones)

E.- Vamos a ver Nacho, ¿qué está haciendo esta niña del dibujo?

A.- Agachándose para mirar una mariposa

E.- Mirar una mariposa ... ¿Por qué crees tú que puede ver la mariposa?..... ¿Por qué podemos ver las cosas?

A.- Porque ... porque Dios nos ha hecho así, y porque ... porque nuestro cerebro nos lo manda ... y

E.- ... el cerebro nos lo manda y ... ¿ya no hace falta nada más?

A.- Sí, lo ojos

E.- ¡Ah!, ¿y tú sabes cómo funciona eso de los ojos y el cerebro?

A.- Pues ... que el cerebro manda unas venas que ... las venas llevan una sangre que nos permite ver

E.- A ver si me puedes dibujar en esta silueta del cuerpo eso que me estás explicando para que yo lo entienda bien. Dibuja eso que me has dicho del cerebro, los ojos, las venas Pon los nombres...

A.- (dibuja)

E.- Ahora explícame eso que me has dicho antes

A.- Estas venas llevan sangre a los ojos y hacen que vean

E.- Bueno.... Mira ahora este otro dibujo...

A.- Está oyendo música

E.- Oyendo... Tú ahora también me estás oyendo a mí: ¿por qué crees que podemos oír?

A.- Pues por lo mismo, porque el cerebro manda al oído otras venas con la sangre ... y va a un tímpano y... podemos oír

E.- ¿A un tímpano?

A.- Sí, es una cosa que está en el oído, aquí dentro (señala)

E.- ¿Sabes muchas cosas!... ¿Me lo dibujas como antes?

A.- (dibuja)

E.- Estupendo. Y, ¿esta niña?

A.- Está oliendo algo

E.- Y... ¿por qué podemos oler las cosas?

A.- Pues...lo mismo

E.- No importa que me lo repitas

A.- Que manda unas venas a la nariz que nos permite oler

E.- ¿Manda el cerebro como antes?

A.- Sí, el cerebro

E.- Esta niña se está comiendo un helado con los ojos cerrados ... ¿Por qué sabe que es de fresa?

A.- ¡Ah! Pues porque la lengua tiene dentro como unas partículas que tienen dentro varios sabores, y que te permiten saber

E.- Ya... Y aquí, ¿ya no hace falta que el cerebro mande por venas...

A.- Pues no, yo creo que no

E.- Aquí no hace falta.... A ver, cierra los ojos. Yo te pongo esto aquí en el cuello (una llave de metal) ...¿Qué notas?

A.- Frío, un poco de frío

E.- ¿Tú sabes por qué podemos notar cómo son las cosas?

A.- Pues... porque.....

E.- Lo has notado en el cuello ... Si ahora te lo pongo en el brazo (se le pone)... y en la pierna (se le pone)...¿por qué lo puedes notar también?

A.- Con las partículas, yo creo...con las partículas que tiene la piel y nos hacen sentir

E.- O sea, que la piel tiene unas partículas...

A.- Sí

E.- Y, en este caso, ¿hace falta que el cerebro mande, como en la vista y el oído.....?

A.- No, ahí creo que no

E.- ¿Basta con las partículas de la piel?

A.- Sí

E.- Muy bien. Vamos a otras tarjetas ... ¿Cómo ves a estas niñas?

A.- Aquí triste, aburrida; y aquí alegre

E.- ¿Por qué podemos sentirnos tristes y alegres?

- A.- Porque si queremos jugar con unos amigos, y ellos están enfadados contigo, y no quieren que juegues
...pues tú te sientes triste
- E.- Y dime, para sentirte triste o alegre, ¿hace falta alguna cosa del cuerpo?
- A.- No, no hace falta nada
- E.- Nada. Y esta niña...
- A.- Está pensando
- E.- ¿Por qué podemos pensar?
- A.- Pues porque el cerebro nos admite pensar
- E.- El cerebro... ¿cómo tiene que hacer?
- A.- Eso no lo sé
- E.- Oye dime, el cerebro, además de pensar, ¿qué otras funciones tiene en el cuerpo?
- A.- Pues nos... nos hace funcionar nuestros sentidos
- E.- ¿Los sentidos?.....
- A.- Sí, eso que he dicho antes de ver y oír.
- E.- Ya... Y ¿alguna cosa más hace el cerebro?
- A.- Sí, ...mover todo el cuerpo
- E.- Mover el cuerpo... ¿Cómo hace el cerebro para moverlo?
- A.- Pues por unas venas manda sangre, que es como ...como si.....
- E.- ¿A dónde manda la sangre?... Por ejemplo, esta niña está dando una patada ... ¿cómo hace el cerebro?
- A.- El cerebro manda, con una vena, sangre a la pierna, y ...y hace que la pierna se mueva
- E.- Ajá... ¿Me lo dibujarías como antes?
- A.- (dibuja)
- E.- Y llega la sangre, y ¿cómo hace que se mueva la pierna?
- A.- El cerebro lo manda por la vena y se mueve
- E.- Dime una cosa: si nos quitaran el cerebro en una operación, ¿qué cosas crees que podríamos seguir haciendo?
- A.- Podríamos..... nada... o casi nada; todo el cuerpo se para
- E.- ¡Muy bien Nacho, te estás explicando muy bien!... Oye dime una cosa, ¿tú has oído hablar de los nervios?
- A.- Sí
- E.- ¿Tú tienes nervios?
- A.- ¡Claro!, como todo el mundo
- E.- Todo el mundo tiene nervios ... ¿Qué son los nervios?
- A.- Pues como unas pelotitas que tienen sangre dentro
- E.- ¿Dónde están los nervios?
- A.- Pues yo creo que en todas partes
- E.- A ver ... Si un médico abriera el cuerpo de una persona, ¿podría encontrar los nervios?
- A.- Pues sí... yo creo que sí
- E.- ¿Sabes dónde los encontraría?... Dibújalos si quieres
- A.- Pues aquí... (dibuja)...por el brazo, la mano, las orejas, la nariz...
- E.- Esos son los nervios que tienen sangre dentro ... Y dime, ¿para qué se necesitan los nervios?
- A.- Eso no lo sé
- E.- ¿Tendán algo que ver con ponerte nervioso algunas veces?
- A.- No sé... a lo mejor... pero es que ponerte nervioso depende de querer hacer algo pronto, de que es tu cumpleaños mañana y tienes nervios,
- E.- No estás seguro de.....
- A.- No, no lo sé, a lo mejor esos nervios son otra cosa.

(Parte de la entrevista sobre el interior del cuerpo)

- E.- Muy bien, Nacho. Ahora vamos a pasar a otra cosa ... Te voy a enseñar el dibujo que hiciste el otro día de las cosas que hay dentro del cuerpo, para que me digas algunas cosas. (Poniendo delante del niño su dibujo). De todo lo que has dibujado ¿qué cosas son huesos?
- A.- El esternón, el cráneo, la columna, y estos de las piernas y los brazos.
- E.- Muy bien; ¿tú sabes para qué se necesitan los huesos en el cuerpo?
- A.- Pues para sostenernos, si no... nos doblaríamos, seríamos como de goma. Para no caernos.
- E.- Muy bien. Y... ¿sabes de qué son los huesos?
- A.- De... es que no me acuerdo ahora, de algo duro
- E.- De algo duro. Vamos a ver más cosas. El cerebro. De él ya me has hablado antes, pero dime, ¿sabes de qué está hecho el cerebro?
- A.- De sangre y otros materiales del cuerpo
- E.- Eso es el corazón. ¿Para qué es el corazón?

- A.- Para que la sangre llegue al cerebro, y para ¿para que la sangre vaya al cerebro?
- E.- Hum... Y, ¿por dónde llega al cerebro?
- A.- Por una vena
- E.- ... Por una vena... ¿la dibujas?... pónmela en rojo... (dibuja)... así, muy bien.
- A.- Pasa por aquí, y después la manda al cerebro.
- E.- A ver explícamelo; antes me has dicho que las venas iban del cerebro a otras partes.....
- A.- Sí. Una va del corazón al cerebro; pero yo creo que el cerebro es dónde más hay, y la segunda parte donde más hay es el corazón
- E.- La segunda el corazón.....
- A.- El corazón late y con eso le manda la sangre al cerebro...
- E.- ... al cerebro primero...
- A.- Sí, y ya el cerebro la manda al sitio que quiera, los ojos y eso
- E.- Ah, ya lo entiendo.... A ver otra cosa... el torax
- A.- Eso es otro hueso
- E.- Es otro hueso.... ¿Los músculos?
- A.- Los músculos
- E.- ¿Qué función tienen?
- A.- Pues... por las venas del cerebro nos permite tener fuerza y poder dar la patada a la pelota de antes
- E.- Ajá.....
- A.- porque si no tuviéramos músculos no podríamos, no tendríamos fuerza para mover
- E.- Y, ¿de qué son los músculos?
- A.- Pues de carne
- E.- ... De carne.....
- A.- Sí, de carne
- E.- A ver ... ¿Alguna cosa más que crees que hay dentro del cuerpo y que no dibujaste?
- A.- Sí, las costillas
- E.- ¿Las costillas?
- A.- Sí, son también huesos
- E.- ¿Algo más que recuerdes ahora?
- A.-
- E.- Algunos de tus compañeros me han hablado de los pulmones
- A.- ¡Ah sí, los pulmones!
- E.- ¿Me los dibujas en rojo? (dibuja)..... ¿Para qué son?
- A.- Para respirar
- E.- Y, ¿cómo se respira con los pulmones?
- A.- Pues va el aire allí y luego sale por la nariz
- E.- ¿Por dónde va y sale?
- A.- Eso no lo sé
- E.- ¿Sabes de qué están hechos los pulmones?
- A.- No lo sé
- E.- No importa.... Dime otra cosa... ¿el estómago?
- A.- ¡Ah sí! Está aquí (dibuja). Es para que vaya la comida
- E.- Y después, ¿qué le pasa a la comida?
- A.- ¿De ahí?... Se machaca y sale caca y pis
- E.- ¿Por dónde va la comida para salir?
- A.- Por unos tubos que hay

(Entrevista-sobre-ejemplos)

- E.- Muy bien Nacho. Ya te voy a preguntar lo último. Mira: te voy a enseñar unos dibujos; en cada uno hay una cosa que pasa o que se hace con el cuerpo. Yo te leeré lo que hay escrito en cada dibujo. Quiero que pienses y me digas, en cada tarjeta, si para hacer eso hace falta el cerebro, o esos nervios que me has dibujado antes, y que no estabas seguro para qué eran.

Oír

- A.- Sí
- E.- ¿Se necesita por lo que has explicado antes en el dibujo de la niña?
- A.- Sí
- E.- Oír... ¿Interviene aquí el cerebro, o los nervios?
- A.- El cerebro, eso también lo he dicho antes
- E.- Es verdad, cuando los dibujos de la niña. Andar... ¿Interviene aquí el cerebro, o los nervios?
- A.- Sí, el cerebro para movernos. Los nervios no

- E.- *Estomudar...* ¿Interviene aquí el cerebro, o los nervios?
 A.- No
 E.- ¿Por qué crees que no?
 A.- Pues, porque no manda el cerebro venas para estomudar
 E.- *Coger un vaso...* ¿Interviene aquí el cerebro, o los nervios?
 A.- Sí, el cerebro, porque es mover. Los nervios creo que no
 E.- Porque es mover. Sentir *alegría...* ¿Interviene aquí el cerebro, o los nervios?
 A.- No ninguno
 E.- *Parpadear.....* A veces cuando te da una luz fuerte parpadeas ¿Interviene aquí el cerebro, o los nervios?
 A.- El cerebro sólo
 E.- ¿Por qué?
 A.- Pues porque cuando quieres cerrar el ojo necesitas algo para poder cerrarlo
 E.- ¿Poder cerrarlo?
 A.- Sí, es como moverlo
 E.- Para *leer...* ¿interviene aquí el cerebro, o los nervios?
 A.- El cerebro, porque ves con los ojos, y para los ojos necesitas el cerebro
 E.- Y ¿para *tomar y expulsar aire?*.....
 A.- El cerebro, porque va sangre del cerebro a los pulmones para respirar y luego a la nariz
 E.- Para que *late el corazón.....*
 A.- Pues yo creo que no, porque eso lo manda el corazón al cerebro, no al revés
 E.- Muy bien.... Para *escribir...* ¿Interviene aquí el cerebro, o los nervios?
 A.- El cerebro, porque mueves la mano y para moverla necesitas el cerebro
 E.- En el estómago se hace la *digestión* de los alimentos, lo que tú me has dicho antes de machacarlos
 ¿Interviene aquí el cerebro, o los nervios?
 A.-No
 E.- ¿Por qué crees que no?
 A.- Pues no sé. El cerebro no, a lo mejor aquí necesitamos los nervios
 E.- Los nervios a lo mejor, Pero antes me has dicho que no sabías para qué eran
 A.- No, es que no lo sé
 E.- Bueno, pues hemos terminado Nacho. Muchas gracias, me has ayudado mucho. ¿Hay algo más, de las cosas que hemos hablado del cuerpo y eso, que quieras tú decirme ahora?
 A.- No, nada.

II. Paso de la entrevista nº 24 a los relatos breves (3ª EGB, fin de curso)

(El relato breve transcrito en el capítulo 6 (apartado 6.4.2), corresponde también a la parte de la entrevista sobre situaciones de este alumno, pero no a la entrevista que acabamos de transcribir, sino a la que realizó a comienzo del curso)

(*Entrevista sobre situaciones*)

RELATO SE REFIERE A/ SENTIDOS

- PODEMOS ver (PORQUE el cerebro lo manda)
 INTERVIENE (cerebro PARA mandar sangre)
 OCURRE (cerebro manda sangre por venas)
 TAMBIEN INTERVIENE (ojos PARA ver)
 PODEMOS oír (PORQUE cerebro lo manda)
 INTERVIENE (cerebro PARA mandar sangre)
 OCURRE (cerebro manda venas con sangre al oído)
 TAMBIEN INTERVIENE (el tímpano PARA oír)
 PODEMOS notar sabor (PORQUE la lengua tiene unas partículas)
 INTERVIENE (partículas PARA poder diferenciar)
 OCURRE (partículas tienen dentro sabores y pueden saber)

XXIV

PODEMOS oler (PORQUE cerebro lo manda)
INTERVIENE (cerebro PARA mandar sangre)
OCURRE (que cerebro manda sangre por venas a nariz para oler)
TAMBIEN INTERVIENE (nariz PARA oler)

PODEMOS sentir (PORQUE piel tiene partículas)
INTERVIENE (partículas piel PARA notar cosas)
OCURRE (partículas piel hacen sentir)

RELATO SE REFIERE A/ MOVIMIENTO

PODEMOS dar patada (PORQUE cerebro lo manda)
INTERVIENE (cerebro PARA mandar sangre)
OCURRE (sangre va por venas de cerebro a pierna y se mueve)

RELATO SE REFIERE A/ PENSAR

PODEMOS pensar (PORQUE cerebro lo admite)
INTERVIENE (cerebro PARA pensar)

RELATO SE REFIERE A/ ESTAR TRISTE Y ALEGRE

PODEMOS sentirnos tristes/alegres (PORQUE te pasa algo malo/bueno)

RELATO SE REFIERE A/ CEREBRO

HECHO DE (sangre + materiales)
ESTA EN (cabeza)
ES PARA (pensar; algunos sentidos; movimiento)
OCURRE (que manda sangre a todo para que funcione)
EXPLICA (manda la sangre por venas)
SIN EL PODRIAMOS HACER (nada, todo se para)

RELATO SE REFIERE A/ NERVIOS

HECHO DE (sangre)
ESTA EN (todas partes)
ES PARA (no sé)
OCURRE (nervios son formas de "estar"; bolitas de sangre son otros nervios)

(Entrevista sobre el interior del cuerpo)

LOCOMOTOR

DIBUJA (huesos en general + esqueleto: cráneo; columna; costillas)
(músculos)
ES DE (huesos--> algo duro)
(músculos-->carne)
ES PARA (huesos-->sostenemos)
(músculos--> fuerza)
EXPLICA (sin huesos seríamos como de goma, nos caeríamos)

CIRCULATORIO

DIBUJA (corazón + venas)
ES PARA (corazón --> enviar sangre)
(venas --> llevar sangre)
EXPLICA (corazón late y una vena lleva sangre a cerebro)
(donde hay más venas es en cerebro y luego en corazón)

DIGESTIVO

DIBUJA (estómago)
ES PARA (ir comida)
EXPLICA (se machaca comida y sale)
(comida va por tubos)

RESPIRATORIO

DIBUJA (pulmones)
 ES PARA (respirar)
 EXPLICA (aire a pulmones y sale por nariz)
 (no sé por dónde va)

(Entrevista-sobre ejemplos)

ALEGRIA (INTERVIENE NO cerebro NO nervios)
 (PORQUE)
 OLER (INTERVIENE SI cerebro NO nervios)
 (PORQUE (antes)cerebro manda sangre por venas a nariz pa: a oler)
 OIR (INTERVIENE SI cerebro NO nervios)
 (PORQUE (antes) cerebro manda sangre por venas a tímpano)
 ANDAR (INTERVIENE SI cerebro NO nervios)
 (PORQUE cerebro necesario para mover)
 COGER VASO (INTERVIENE SI cerebro NO nervios)
 (PORQUE es mover)
 LEER (INTERVIENE SI cerebro NO nervios)
 (PORQUE ves con ojos y necesitas cerebro)
 ESCRIBIR (INTERVIENE SI cerebro NO nervios)
 (PORQUE mueves mano y necesitas cerebro)
 PARPADEAR (INTERVIENE SI cerebro NO nervios)
 (PORQUE para cerrar ojo)
 ESTORNUDAR (INTERVIENE NO cerebro NO nervios)
 (PORQUE no manda cerebro venas para eso)
 MTOS. RESPIRAT. (INTERVIENE SI cerebro NO nervios)
 (PORQUE cerebro manda sangre por vena a pulmones)
 LATIDO CORAZON (INTERVIENE NO cerebro NO nervios)
 (PORQUE manda el corazón al cerebro, no al revés)
 DIGESTION (INTERVIENE NO cerebro ¿? nervios)
 (PORQUE ¿?)

III- Paradigmas del alumno N° 24 en las redes de 3° de EGB. (fin de curso)

ACCIONES CORPORALES

ACTIVIDAD SENSORIAL (Red Cuadro 9.6)

(AGENTES ACCION (PARTE CORPORAL (ORGANOS SENTIDO) (CEREBRO [en 3 sentidos])))

(MECANISMO (MODELO (CONTACTO) (CEREBRO --> TUBOS --> *))
 (APLIC. MODELO (DIFERENTES)))

MOVIMIENTO (Red Cuadro 9.7)

(AGENTES ACCION (PARTES CORPORALES (CEREBRO) (pierna)))

(MECANISMO (CEREBRO --> TUBOS --> *))

SENTIMIENTOS (Red Cuadro 9.8)

(AGENTES ACCION (PSICOLOGICO))

(MECANISMO (NO SABE))

EL CONTENIDO DEL CUERPO

CEREBRO (Red Cuadro 9.9)

(LOCALIZACION (CABEZA))

(NATURALEZA (GENERICA))

(FUNCION (PENSAR))

(OTRAS (MOVIMIENTO) (SENTIDOS (ALGUNOS)))



(MECANISMO (CEREBRO --> TUBOS --> *))

MODELO MENTAL DEL CEREBRO (Tabla 9.6): MECANICISTA

NERVIOS (Red Cuadro 9.10)

(NATURALEZA (ESTADO) (COSAS (LOCALIZACION (TODAS PARTES))

(FUNCION (NERVIOSISMO ?)))

(ATRIBUCION (TODOS))

LOCOMOTOR (Red Cuadro 9.11)

(COMPONENTES DIBUJADOS (HUESOS (SIN ESPECIFICAR) (ESPECIFICADOS))

(MUSCULOS))

(NATURALEZA (HUESOS (PROPIEDAD PERCEPTIVA))

(MUSCULOS (MATERIAL (GENERICA)))

(FUNCION (HUESOS (OTRAS (SUJECION))

(MUSCULOS (INTENCIONAL)))

CIRCULATORIO (Red Cuadro 9.12)

(COMPONENTES DIBUJADOS (CORAZON)

(VENAS))

(NATURALEZA (CORAZON (MATERIAL (GENERICA)))

(VENAS (-)))

(FUNCION (CORAZON (OTRAS (CIRCULAR SANGRE)))

(VENAS (TRANSPORTAR SANGRE)))

DIGESTIVO (Red Cuadro 9.13)

(DIBUJA (ESTOMAGO))

(NATURALEZA (NO SABE))

(FUNCION (OTRAS (TRANSFORMAR COMIDA (MACHACAR --> SALIR))))

RESPIRATORIO (Red Cuadro 9.14)

(DIBUJA (PULMONES))

(NATURALEZA (NO SABE))

(FUNCION (RESPIRAR (AIRE <---- nariz -----> PULMONES)))

ENTREVISTA ALUMNO Nº 15 ----- 7º EGB (pre-instrucción)**I. Transcripción de la entrevista***(Entrevista -sobre-situaciones)*

- E- ¿Quieres explicarme lo que representan estos dibujos?
- A- Aquí hay un niño que va andando y se encuentra una lata de coca-cola, aquí a la lata le quiere dar una patada, y aquí, es que le va a dar, pero como la lata está sobre la roca, se choca contra la roca.
- E- Vamos a quedarnos con el primer dibujo... Me has dicho que es un niño que ve una lata de coca-cola. Quiero que pienses: imagínate que tú eres este niño ... ¿Cómo funciona tu cuerpo para poder ver esta lata?
- A- Los ojos lo ven y se lo transmiten al cerebro
- E- Se lo transmiten al cerebro... ¿Por qué se lo tiene que transmitir al cerebro?
- A- Porque... uf.....
- E- Por lo que sea, ¿tú piensas que pasa así?
- A- Sí
- E- Sigamos. A mí me ayuda el que dibujes para entender lo que dices. Dibuja el cerebro y los ojos.
- A- (Dibuja)
- E- El ojo ve el bote y se lo transmite al cerebro... ¿Cómo se lo transmite al cerebro?
- A- Por medio de... de... de alguna, no sé, de alguna... no sé de alguna.....[gestos]
- E- ¿Tú quieres decir señal o camino?
- A- Sí, un conducto.
- E- ¿Tú crees que el ojo y el cerebro están conectados de alguna manera?[gestos de asentir]. Pues dibújalo.
- A- (Dibuja)
- E- Y a eso, ¿cómo lo llamamos?
- A- No sé
- E- Bueno, lo dejamos por si más tarde se te ocurre. Dime, ¿eso tiene que llegar a alguna parte especial del cerebro? Me refiero a lo que le transmite el ojo.
- A- ... No... al cerebro
- E- Dime una cosa: ¿qué es lo que le transmite el ojo al cerebro exactamente?
- A- Lo que ve, lo que ve la persona
- E- Ponme un ejemplo. Si yo veo un bote, ¿qué es lo que viaja por este camino que has dibujado?
- A- El dibujo del bote.... Entonces el cerebro dice, pues esto es un bote.
- E- Por aquí viaja como el dibujo y... ¿por qué lo reconoce el cerebro?
- A- Por su forma
- E- Fíjate: yo no he dicho que esto es un bote de coca-cola, ni siquiera he tenido intención de dibujarlo, sin embargo a ti te ha parecido -y a más gente- un bote de coca-cola. ¿Por qué?
- A- Porque lo veo dibujado, no sé
- E- ¿Qué es lo que te hace a ti reconocer las cosas?
- A- Pues el dibujo y luego mi... mi... esa cosa que va del ojo al cerebro, el cerebro ve el bote y ya sabe que es un bote.
- E- Bueno, ya tenemos el cerebro que recibe esa noticia que viajaba, que a ti te parece que es como el dibujo. Vamos a seguir. Aquí le iba a dar la patada y hace un movimiento. Seguro que tú lo has hecho muchas veces: la pierna para atrás y luego para adelante ... ¿Cómo tiene que funcionar el cuerpo para que se pueda realizar ese movimiento?
- A- El cerebro manda a... no sé... como a la pierna que va a dar una patada, que va a hacer un ejercicio físico.
- E- A ver, dibuja la pierna...Primero dices que el cerebro le manda a la pierna; pero el cerebro no ha hecho más que ver el bote. ¿Qué es lo que le manda a la pierna?
- A- Que... piensa que le va a dar una patada y manda, no sé, ¿una patada!
- E- ¿El cerebro piensa que quiere dar una patada?
- A- Sí
- E- Y con ese pensamiento le manda a la pierna que realice ese movimiento... ¿Por dónde llega a la pierna ese mandato?
- A- Pues igual que por lo del ojo
- E- ¿Algún otro conducto? [gestos de asentir]... Pues dibújalo

- A- (Dibuja)
- E- Pon la dirección de las señales en el dibujo... con una flecha.... Dime, esta señal que le manda a la pierna, ¿a qué parte de la pierna, o a qué componente de la pierna tiene que llegar?
- A-
- E- Este conducto que has dibujado, ¿a qué parte de la pierna va a parar?
- A- ... No lo sé.... a la rodilla para que la doble.
- E- A la rodilla piensas... Y con eso se iría para atrás ... ¿Qué viaja por ese conducto para que la rodilla se doble?
- A- Pues..... el pensamiento del cerebro
- E- El pensamiento... ¿Cómo te imaginas ese pensamiento?
- A- ... Pues que va, ...no sé.....
- E- O sea, yo pienso: voy a darle una patada, y pienso que tengo que doblar la pierna hacia atrás. ¿Qué es lo que recorre ese conducto hacia la pierna?
- A- Palabras, ...no palabras así..... como palabras.....
- E- Vamos a dejarlo ahí... La pierna con esto va hacia atrás, pero luego tiene que ir hacia adelante. ¿Cómo hace para terminar ese movimiento? ¿Qué partes de la pierna tienen que intervenir para realizar el movimiento?
- A- La rodilla, los huesos
- E- ¿Algo más?
- A- No
- E- Entonces tenemos, a ver si te he entendido, que del modo que sea, ese pensamiento llega a los huesos, a la rodilla, y se va la pierna para atrás. ¿Cómo hace para ir hacia adelante?
- A- Primero le manda ir hacia atrás y luego que vaya hacia adelante
- E- ¿Son más de una señal u orden?
- A- Dos, yo creo
- E- Dos ... ¿Siempre van del cerebro hacia la pierna?
- A- Sí
- E- ¿Siempre por el mismo conducto?
- A- Sí, por el mismo
- E- Vamos a la última viñeta. Aquí ¿qué pasaba?
- A- El niño le iba a dar una patada, pero se dió con la roca
- E- Bien, con lo cual se hace daño (Sí) ... ¿Cómo crees que funciona el cuerpo para sentir dolor?
- A- Porque tendrá.....
- E- A ver ... Sigue dibujando, pon el pie que se da contra la roca
- A- (Dibuja)
- E- Se hace daño. ¿Cómo funciona el cuerpo para que sientas dolor, daño?
- A- Pues tiene... tiene... tiene partículas
- E- ¿Quién tiene partículas?
- A- El pie, que siente
- E- ¿Dónde están esas partículas?
- A- En todo el pie. O sea por todo
- E- ¿Qué pasa con esas partículas?
- A- Si te tocas, o te das contra algo, pues lo notas
- E- ¿Al chocar contra la piedra esas partículas lo notan?
- A- Sí
- E- Y ¿hasta con que las partículas lo noten para que sintamos daño?
- A- Sí
- E- ¿No hace falta nada más?
- A- No, luego vas y sabes que te has hecho daño
- E- Unas partículas.... Está bien.... ¿Están siempre en el mismo sitio esas partículas?
- A- Sí, siempre
- E- ¿Hay en otras partes del cuerpo?
- A- Sí
- E- ¿Pero, qué son esas partículas?... Si en lugar de chocar con la piedra hubiera metido el pie en un charco, ¿qué harían esas partículas?
- A- Al meter un pie en agua, o en algún líquido, las partículas notan que está el pie en líquido

(el S.N.)

E- Esto está muy bien. Oye Elena, si yo te digo: el S.N. ¿A tí a qué te suena?

A- ... A... a los nervios

- E- Espera un momento que quiero preguntarte otra cosa sobre el golpe.... Al darte un golpe te puedes hacer mucho daño; esas partículas que me has dicho. ¿cómo funcionan para que te des cuenta de si el daño es poco o mucho?
- A- Si das la patada con mucha fuerza te haces más daño porque choca más, y si la das con menos fuerza pues menos.
- E- Y eso, ¿qué tiene que ver con las partículas? ¿en qué lo notan?
- A- Porque al darle más fuerte lo sientes más.
- E- Ya ... Vamos a seguir con el S.N.... Imagínate que eres un cirujano que has abierto a una persona para buscar el S.N. ¿Cómo te imaginas que lo verías en el cuerpo? Dibújalo aquí.
- A- No sé.....
- E- ¿Qué buscarías en el cuerpo si te dijeran que buscaras el S.N.?
- A- Los... nervios
- E- ¿Cómo te imaginas que están los nervios en el cuerpo? ¿Por dónde los buscarías?
- A- Por aquí (dibuja) ...por aquí..., por aquí...
- E- ¿Hay un nervio para cada pierna y uno para cada dedo?(relación a lo que dibuja)
- A- Sí
- E- O sea, crees que en la pierna hay un nervio.
- A- Sí
- E- Y estos nervios. ¿dónde acaban, o dónde van?
- A- ... Pues... al corazón (dibuja).....
- E- Entonces el S.N., ¿tiene, además de los nervios, el corazón?
- A- ... Sí
- E- El corazón es del S.N.... Dime Elena, el S.N. en el cuerpo humano. ¿qué función crees que cumple?
- A- Cuando tienes mucho estrés te pone... no sé, cuando te pones nerviosa
- E- Te pones nerviosa y, ¿el corazón ...que función cumple?
- A- Lo transmite al cerebro
- E- A ver, pon el cerebro... (dibuja)... ¿Por dónde lo transmite?
- A- Por medio de una vía (dibuja).....
- E- ¿Esta vía del corazón al cerebro es también un nervio?
- A- No, es un conducto
- E- Y el cerebro, ¿qué funciones crees que tiene en el cuerpo?
- A- Pensar y recibir mensajes y transmitir mensajes
- E- ¿De quién?
- A- De todo el cuerpo
- E- ¿Qué clase de mensajes?... Ponme ejemplos
- A- Pues, que se mueva o que, no sé.... Sí, que se mueva
- E- ¿Para qué más utilizan el cerebro las personas?
- A-
- E- ¿Sólo para transmitir mensajes al cuerpo?
- A- Sí, y recibir
- E- ¿Qué cosas recibe el cerebro?
- A- Cosas de los ojos, que sienten, que siente el cuerpo
- E- ¿De qué crees que está hecho el cerebro?
- A- No sé, de células. ¿no?
- E- Células.....
- A- Células, pues son cosas que forman los tejidos
- E- Muy bien. Y dime: si estos nervios los pudiéramos mirar al microscopio muy grandes, muy grandes. ¿qué veríamos? Dibuja cómo te los imaginas
- A- Dibujo un trozo. Pues así. (Dibuja).....que por aquí pasa la sangre
- E- ¿Eso es como un tubo?
- A- Sí
- E- ¿De qué material están hechos estos tubos?
- A- No sé, de algo elástico
- E- Un material elástico... Y ...¿tú crees que por los nervios pasa la sangre?
- A- Sí
- E- Dime. ¿qué relación tienen estos nervios que me has dibujado aquí, con los conductos que has dibujado antes de la patada y el dolor... ¿Son los mismos?
- A- Estos son como conductos, y estos son otra cosa, son nervios.
- E- ¿Estos conductos no son nervios?
- A- No, no son
- E- Y si los de antes los viésemos muy aumentados al microscopio. ¿qué veríamos?

- A- Igual que los nervios
 E- Y entonces, ¿en qué se diferencian?
 A-
 E- Por estos has dicho que pasa sangre... ¿Y por los de antes?
 A- ... Pues ... mensajes.
 E- Vamos a una última parte Pero antes, ¿tú quieres decirme algo más de el S.N.?
 A- No
 E- Dime una cosa: si estos nervios son para cuando tienes estrés y eso, ¿cómo funcionan para eso?
 A- No lo sé
 E- Bueno... Además de para el estrés, ¿sirven para otras cosas?
 A- Para conducir la sangre también
 E- Dime entonces, ¿has oído hablar de las venas?
 A- ¡Ah, no, no!
 E- ¿No qué?
 A- Que no son para conducir la sangre
 E- A ver, que me lo... ¿Quiénes conducen sangre?
 A- Las venas
 E- Y los que me has dibujado ¿son...?
 A- Nervios
 E- O sea, venas y nervios conducen sangre los dos ... ¿O no?
 A- Sí
 E- Entonces, ¿para qué son unos y otros?
 A- Pues... estos sólo van a determinadas partes del cuerpo, y las venas van por todo el cuerpo
 E- Pintarme también las venas del cuerpo ... en rojo
 A- Desde el corazón a todas partes (dibuja).....
 E- ¿Hay más venas o nervios?
 A- Más venas

(Entrevista-sobre-ejemplos)

- E- Muy bien. Vamos a pasar a otra cosa. Te voy a enseñar unas tarjetas con dibujos. En cada una se representa una actividad del cuerpo. Quiero que pienses y me digas si para que el cuerpo realice esa actividad tiene que intervenir el cerebro y esos conductos de los que me has hablado, o tiene que intervenir el S.N. o ninguno.
- E- PARPADEAR
 A- S.N. no.
 E- ¿Por qué crees que no?
 A- Porque eso lo hace el cerebro, que se da cuenta y le manda a los párpados que se cierran, por esos conductos.
- E- LATIDO del CORAZON
 A- S.N. no.
 E- ¿Por qué crees que no?
 A- El corazón da sangre a las venas cada vez que late. El cerebro tampoco interviene.
- E- ALEGRIA
 A- S.N. no. Cerebro... no sé, si estás alegre lo piensas: ... los conductos tampoco.
- E- TOMAR /EXPULSAR AIRE
 A- S.N. no. Cerebro... no sé, es que para tomar O2... sí, creo que sí, dicen a los pulmones que tomen aire.
 E- ¿Quién lo dice?
 A- El cerebro
 E- ESCRIBIR
 A- S.N. no. No estás nervioso. El cerebro sí, le manda a la mano que se mueva por los conductos
- E- ESTORNUDAR
 A- S.N. no. El cerebro tampoco, y los conductos tampoco
- E- PASO ALIMENTOS
 A- S.N. no. EL cerebro sí, manda al estómago por los conductos que pase el alimento a la sangre.
- E- CURIOSIDAD
 A- S.N. no. El cerebro sí, piensas una cosa que te gusta... per no hacen falta conductos, sólo el cerebro.
- E- LATIDO + RAPIDO
 A- S.N. sí, porque necesitan más sangre. El cerebro un poco, porque manda al corazón que le dé más deprisa.

E- OLER

A- S.N. no. Cerebro sí,

E- ¿Por qué crees eso?

A- Porque el cerebro manda a la nariz que huela, también por conductos.

E- PASO GASES

A- S.N. no. Cerebro sí. Le manda a los pulmones que pase a la sangre por esos conductos.

E- ¿Hay un conducto del cerebro a los pulmones?

A- Sí, como en la patada de antes.

E- DAR UNA PATADA A UN BALON

A- El S.N. no. El cerebro y los conductos. Es como lo del bote de antes.

E- Muy bien Elena, ¿hay algo que quieras añadir o cambiar de lo que has dicho?

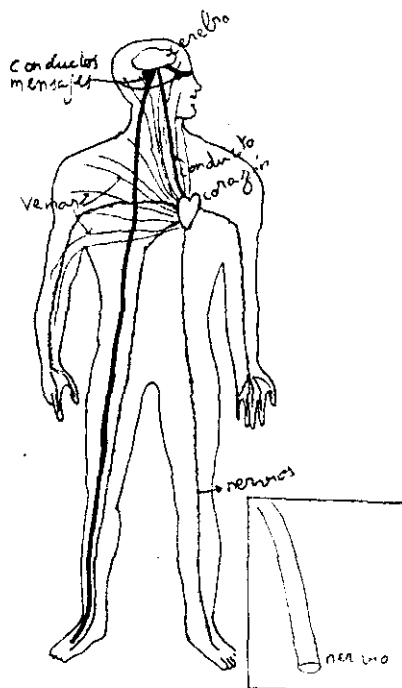
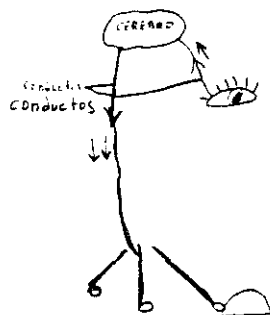
A- No

E- ¿Estás satisfecha de tus contestaciones?

A- Sí

E- Gracias y hasta otra vez.

Dibujos realizados durante la entrevista por la alumna Nº 15



II.- De la entrevista a los relatos breves

(Entrevista-sobre-situaciones)

RELATO REFIERE/ VER OBJETO

INTERVIENE (ojos PARA ver)
 INTERVIENE (cerebro PARA reconocer)
 INTERVIENE (conductos PARA comunicar ojo-cerebro)
 OCURRE (ojo transmite a cerebro lo que ve)
 OCURRE (cerebro reconoce)
 EXPLICA (por conductos viaja imagen bote [dibujo])

RELATO REFIERE/ DAR PATADA

INTERVIENE (pierna PARA dar patada)
 PARTE ESPECIAL (hueso, rodilla)
 INTERVIENE (cerebro PARA pensar + dar orden)
 INTERVIENE (conducto PARA llevar orden)
 OCURRE (cerebro manda "patada" por conducto a rodilla para que se doble)
 EXPLICA ("Patada" que viaja por conducto es pensamiento, como palabras)

RELATO REFIERE/ SENTIR DOLOR

INTERVIENE (pie PARA notar daño)
 PARTE ESPECIAL (partículas del pie)
 OCURRE (al chocar pie, partículas "notan" daño)
 EXPLICA (a mayor fuerza de choque, "más notan" = más dolor)
 EXPLICA (hay partículas por todo el cuerpo)
 EXPLICA (partículas notan sensaciones diferentes)

RELATO REFIERE/ SN

ES PARA (ponerte nerviosa)
 FORMADO POR ("nervios" que van al corazón)

 NERVIOS SON PARA (nerviosismo +sangre)
 SON DE (tubos huecos)
 OCURRE (nerviosismo : nervios transmiten a corazón y este por conducto a cerebro)
 EXPLICA (nervios van al corazón)
 (nervios son diferentes de las venas, van a sitios distintos)

 CEREBRO ES PARA (pensar, recibir transmitir mensajes)
 ES DE (células)
 (conectado por conductos a partes cuerpo)
 OCURRE (recibe y manda mensajes todo el cuerpo)
 EXPLICA (mensajes para-> sentidos y movimiento)
 (conductos [= tubos huecos] son para mensajes del cerebro)

(Entrevista-sobre-ejemplos)

ALEGRIA (INTERVIENE SN no; CEREBRO sí; CONDUCTOS no)
 (PORQUE sólo cerebro, si estás alegre piensas)
 LATIDO (INTERVIENE SN no; CEREBRO no; CONDUCTOS no)
 (PORQUE corazón al latir da sangre a las venas)
 PARPADEAR (INTERVIENE SN no; CEREBRO sí; CONDUCTOS sí)
 (PORQUE manda el cerebro la orden por conductos)
 TOMAR/EXPULSAR AIRE (INTERVIENE SN no; CEREBRO sí; CONDUCTOS sí)
 (PORQUE cerebro dice a pulmones que tomen aire)
 ESCRIBIR (INTERVIENE SN, no; CEREBRO, sí; CONDUCTOS sí;)
 (PORQUE no te pones nerviosa; cerebro manda a mano que se mueva)
 ESTORNUDAR (INTERVIENE SN no; CEREBRO no)
 (PORQUE -----)
 PASO ALIMENTOS (INTERVIENE SN no; CEREBRO sí; CONDUCTOS sí;)

(PORQUE cerebro manda orden que pase)
 CURIOSIDAD (INTERVIENE SN no; CEREBRO sí; CONDUCTOS no)
 (PORQUE cerebro piensa)
 LATIDO+ (INTERVIENE SN sí; CEREBRO sí)
 (PORQUE necesitas más sangre; cerebro manda la rapidez)
 OLER (INTERVIENE SN no; CEREBRO sí; CONDUCTOS sí)
 (PORQUE cerebro manda a nariz que huela)
 PASO GASES (INTERVIENE SN no; CEREBRO sí; CONDUCTOS ¿?)
 (PORQUE cerebro manda pasar la sangre por conductos (¿?))
 PATADA (INTERVIENE SN no; CEREBRO sí; CONDUCTOS sí)
 (PORQUE cerebro manda orden por conductos)

III.- Paradigmas del alumno N° 15 en las redes del pre-instrucción (Cap. 12)

REDES ARQUITECTURA SN

ARQUITECTURA CEREBRO

(PATRON (REDONDEADA (INDIFERENCIADA)))

(MATERIALES (CELULAS (GENERAL)))

ARQUITECTURA NERVIOS

(CONDUCTOS (PATRON (CONEX. CEREBRO)))

(DISTRIBUCION (NO EJE))

(ELEMENTOS (TUBOS (HUECOS)))

(MATERIALES (GENERICOS)))

(NERVIOS ESPECIALES

(PATRON (NO CONEX. CEREBRO)))

(ELEMENTOS (TUBOS (HUECOS)))

(MATERIALES (GENERICOS)))

SN COMPONENTES

(OTRAS ESTRUCTURAS (SISTEMA ESPECIAL))

REDES ACTIVIDADES Y FUNCIONES DEL SN

CEREBRO (ACTIVIDADES (RECIBE MENSAJES) (MANDA ORDENES) (PIENSA))

(FUNCIONES (PENSAR+SENTIDOS+MOVIMIENTO))

NERVIOS

(ACTIVIDADES (LLEVAR MENSAJES))

(FUNCIONES (CONDUCTOS (TRANSMITIR AL/DEL CEREBRO)))

(NERVIOS ESPECIALES (NERVIOSISMO) (CIRCULACION))

SN

(FUNCIONES (SN=ESPECIAL (NERVIOSISMO) (OTRAS)))

REDES MECANISMOS DE FUNCIONAMIENTO

SOPORTE (SENTIDOS (Vista: ORGANO-CONDUCTO-CEREBRO))

(Dolor: ORGANO-CEREBRO))

(MOVIMIENTO (PARTE-CONDUCTO-CEREBRO))

MECANISMOS (SENTIDOS (vista: * --> CONDUCTO --> CEREBRO-->/))

(Dolor: * --//--> CEREBRO-->/))

(MOVIMIENTO (CEREBRO --> CONDUCTO --> PARTE (CRB--n-->2,;))

MENSAJES (NATURALEZA (MENTAL))

(VARIACION NATURALEZA (NO VARIA))

MODELO MENTAL DEL SN : DOBLE SISTEMA